



**TUGAS AKHIR – TI 14150**

**EVALUASI MANAJEMEN PEMELIHARAAN *EXCAVATOR* PC 300 – 8MO DENGAN MENGGUNAKAN METODE *LIFE CYCLE COST* (STUDI KASUS : PT UNITED TRACTORS SEMEN GRESIK)**

**Didit Herbiansjah**  
02411440000119

**Dosen Pembimbing**  
Nani Kurniati, S.T., M.T., PhD.  
NIP. 197504081998022001

**Ko – Pembimbing**  
Dewanti Anggrahini, S.T., M.T.  
NIDN. 0702058801

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



**FINAL PROJECT – TI 14150**

**MANAGEMENT MAINTENANCE EVALUATION ON  
EXCAVATOR PC 300 – 8MO USING LIFE CYCLE COST  
(CASE STUDY : PT UNITED TRACTORS SEMEN GRESIK)**

**Didit Herbiansjah**

02411440000119

**Supervisor**

Nani Kurniati, S.T., M.T., PhD.

NIP. 197504081998022001

**Co – Supervisor**

Dewanti Anggrahini, S.T., M.T.

NIDN. 0702058801

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Faculty of industrial technology

Sepuluh Nopember Institute Technology

Surabaya 2018

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**EVALUASI MANAJEMEN PEMELIHARAAN *EXCAVATOR*  
PC 300 – 8MO DENGAN MENGGUNAKAN METODE *LIFE*  
*CYCLE COST*  
(STUDI KASUS : PT UNITED TRACTORS SEMEN GRESIK)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya


Oleh :

**DIDIT HERBIANSJAH**  
NRP 02411440000119

Disetujui oleh,  
Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

  
**Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP. 197504081998022001

Dosen Ko – Pembimbing Tugas Akhir :

  
**Dewanti Anggrahini, S.T., M.T.**  
NIDN 0702058801

**SURABAYA, JULI 2018**



**EVALUASI MANAJEMEN PEMELIHARAAN *EXCAVATOR*  
PC 300 – 8MO DENGAN MENGGUNAKAN METODE *LIFE*  
*CYCLE COST* (STUDI KASUS: PT UNITED TRACTORS  
SEMEN GRESIK)**

Nama Mahasiswa : Didit Herbiansjah  
NRP : 02411440000119  
Dosen Pembimbing : Nani Kurniati, S.T., M.T., PhD.  
Ko – Pembimbing : Dewanti Anggrahini, S.T., M.T

**ABSTRAK**

Performa dari suatu alat berat sangat berpengaruh pada kinerja perusahaan, sehingga kegiatan pemeliharaan harus berjalan efisien. Inefisiensi dapat menurunkan laju produksi, dan memberikan dampak finansial berupa pengeluaran biaya yang lebih besar terhadap total ongkos perusahaan. Salah satu tindakan yang dilakukan perusahaan adalah mengikuti aturan *service* yang telah ditetapkan oleh ATPM (Agen Tunggal Pemegang Merk). Aturan-aturan tersebut telah diatur sedemikian rupa pada *handbook* atau *manual book* peralatan. Tetapi, pada kenyataannya masih ditemukan kerusakan-kerusakan pada unit yang menyebabkan *downtime* yang tinggi. Pada penelitian ini dilakukan evaluasi terhadap manajemen pemeliharaan alat berat *excavator* PC 300-8MO dengan menggunakan metode FMEA dan *Life Cycle Cost* (LCC) di PT United Tractors Semen Gresik yang berlokasi di Tuban, Jawa Timur. Penerapan metode FMEA menghasilkan rencana tindakan perbaikan dalam mereduksi *downtime* kerusakan pada unit, sedangkan LCC menitikberatkan terhadap dua faktor biaya utama yaitu biaya kepemilikan (*owning cost*) dan biaya operasional (*operating cost*). Berdasarkan hasil analisa data, diketahui bahwa terjadi inefisiensi yang kemudian diberikan rekomendasi perbaikan. Hasil estimasi biaya kepemilikan dan operasi setelah dilakukannya perbaikan adalah sebesar Rp 3.708.265.600. Biaya tersebut lebih hemat Rp 14.116.800 dari biaya kepemilikan dan operasi sebelum diterapkannya metode perbaikan.

**Kata Kunci** : Excavator, FMEA, Laju produksi, *Life Cycle Cost* (LCC), Manajemen pemeliharaan

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **MAINTENANCE SYSTEM EVALUATION IN EXCAVATOR PC 300 – 8MO USING LIFE CYCLE COST METHOD (CASE STUDY: PT UNITED TRACTORS SEMEN GRESIK)**

Student's Name : Didit Herbiansjah  
NRP : 02411440000119  
Supervisor : Nani Kurniati, S.T., M.T., PhD.  
Co – Supervisor : Dewanti Anggrahini, S.T., M.T

## **ABSTRACT**

Performance of a heavy equipment is very influential on the performance of the company, so that maintenance activities must run efficiently. Inefficiencies can decrease the rate of production, and provide a financial impact of greater expenditure on the total cost of the company. One of the actions taken by the company to fix this kind of problems are to follow the service rule which is set by the ATPM (Manufacturer). These kind of rules has been arranged inside the manual book or product handbook. However, in reality there are still frequent breakdowns in units that cause high downtime. In this study, the maintenance management of excavator PC 300-8MO will be evaluated by using FMEA and Life Cycle Cost (LCC) methods at PT United Tractors Semen Gresik located in Tuban, East Java. The implementation of the FMEA method resulted in an improved action plan to reduce downtime of unit damage, while the LCC focused on two main cost factors, namely owning cost and operating cost. Based on the result of data analysis, it is known that there is inefficiency which then given improvement recommendation. The estimated cost of ownership and operation after the repair is Rp 3,708,265,600. The cost is more efficient at Rp. 14,116,800 than the cost of ownership and operation before the improvement method is applied.

**Keywords** : Excavator, FMEA, Life Cycle Cost (LCC), Maintenance management, Production rate

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan taufik-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Evaluasi Manajemen Pemeliharaan *Excavator* PC 300 – 8MO Dengan Menggunakan Metode *Life Cycle Cost* (Studi Kasus: PT United Tractors Semen Gresik)” sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi strata satu (S-1) dan memperoleh gelar Sarjana Teknik. Shalawat dan salam tak lupa senantiasa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis menerima banyak sekali bantuan, saran, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Nani Kurniati, S.T., M.T., PhD selaku dosen pembimbing dan Ibu Dewanti Anggrahini, S.T., M.T selaku ko – pembimbing tugas akhir penulis yang selalu memberikan arahan, bantuan, serta motivasi selama masa pengerjaan tugas akhir.
2. Bapak Rahmat Triyono selaku perwakilan dari PT United Tractors Semen Gresik yang telah banyak membantu penulis dalam melakukan pengumpulan data serta memberi masukan kepada penulis.
3. Bapak Prof. Ir. Moses L Singgih, M.sc., MRegSc dan Bapak Dr. Ir. Mokh Suef, M.sc(Eng). Selaku dosen penguji penulis saat pelaksanaan seminar proposal dan sidang tugas akhir dimana beliau-beliau telah memberikan banyak saran membangun terhadap isi penelitian tugas akhir ini.
4. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Industri ITS.
5. Keluarga, teman-teman serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu oleh penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari laporan ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan sebagai motivasi dalam rangka pengembangan diri menjadi lebih baik.

Surabaya, Juli 2018

Didit Herbiansjah

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.4.1 Batasan .....	3
1.4.2 Asumsi .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II .....	7
TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Definisi dan Tujuan Pemeliharaan .....	7
2.2 Konsep Pemeliharaan .....	9
2.3 Jenis Pemeliharaan .....	10
2.4 Tantangan dalam Pemeliharaan .....	12
2.5 Alat Berat .....	12
2.6 Pengelompokkan Alat Berat Penggerak Utama .....	13
2.6.1 Traktor Sebagai Prime Mover .....	13
2.6.2 Excavator sebagai Prime Mover .....	16
2.6.3 Alat Berat Selain Traktor dan <i>Excavator</i> .....	18
2.7 Laju produksi Alat Berat .....	20
2.8 Failure Mode and Effects Analysis .....	24
2.8.1 Jenis-Jenis FMEA .....	25
2.8.2 Konsep FMEA .....	25

2.9	Life Cycle Cost .....	32
2.10	Biaya-Biaya Pada LCC .....	33
2.10.1	Biaya Kepemilikan ( <i>Ownership Cost</i> ) atau Investasi.....	34
2.10.1.2	<i>Resale</i> atau <i>Trade-In Value</i> .....	36
2.10.2	Biaya Operasional ( <i>Operating Cost</i> ) .....	38
2.12	Kajian Penelitian Terdahulu .....	44
BAB III .....		47
METODOLOGI PENELITIAN .....		47
3.1	<i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian .....	47
3.2	Penjelasan Metodologi Penelitian.....	50
3.2.1	Penentuan Topik dan Objek Penelitian .....	50
3.2.2	Studi Literatur dan Studi Lapangan.....	50
3.2.3	Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	50
3.2.4	Analisis dan Diskusi Data .....	50
3.2.5	Kesimpulan dan Saran.....	51
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		53
4.1	Gambaran Umum Objek Penelitian.....	53
4.2	Deskripsi Produk Amatan .....	53
4.3	Deskripsi Kondisi Eksisting Perusahaan .....	54
4.4	Laju produksi PC 300-8MO pada Kondisi Eksisting .....	63
4.4.1	Waktu siklus ( <i>cycle time</i> ) .....	63
4.4.2	Faktor Pengisian Bucket ( <i>fill factor</i> ) .....	63
4.4.3	Faktor Koreksi .....	64
4.5	Estimasi Total Cost Ownership dengan Penerapan Metode LCC pada Kondisi Eksisting .....	66
4.6	Penerapan Metode FMEA .....	67
4.7	Pengaruh FMEA Terhadap Laju produksi .....	73
4.8	Estimasi Total Biaya Kepemilikan dan Operasi dengan Metode LCC Setelah Dilakukan Penerapan FMEA .....	74
BAB V .....		77
ANALISA DAN DISKUSI DATA .....		77
5.1	Analisa Pengaruh <i>Downtime</i> Terhadap Laju produksi Unit .....	77
5.2	Analisa Penerapan FMEA Terhadap <i>Downtime</i> Unit.....	77

5.3	Analisa Pengaruh Penerapan FMEA Terhadap Laju produksi Unit .....	79
5.4	Analisa Metode LCC Terhadap Estimasi Biaya Kepemilikan dan Operasi Sebelum dan Sesudah Penerapan Metode FMEA .....	80
BAB VI .....		81
KESIMPULAN DAN SARAN .....		81
6.1	Kesimpulan .....	81
6.2	Saran .....	81
DAFTAR PUSTAKA .....		83
LAMPIRAN .....		85
BIOGRAFI PENULIS .....		117

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pengaruh Produktivitas terhadap optimum cost.....	8
Gambar 2. 2 Jenis pemeliharaan .....	10
Gambar 2. 3 Crawler tractor (Gambar kiri), Wheel tractor (Gambar kanan) .....	14
Gambar 2. 4 Crawler dozer (gambar kiri atas), wheel dozer (gambar kanan atas), swamp dozer (gambar bawah) .....	15
Gambar 2. 5 track loader atau traxcavator (gambar kiri) dan wheel loader (gambar kanan).....	15
Gambar 2. 6 Jenis-jenis backhoe dan boom (arm) pada excavator.....	16
Gambar 2. 7 Komatsu excavator PC - 200.....	17
Gambar 2. 8 Dragline excavator .....	17
Gambar 2. 9 Clamshell excavator .....	18
Gambar 2. 10 Contoh rear dump truck Scania P - 360 .....	19
Gambar 2. 11 Trailer Scania P-360 dengan attachment cab and chasis.....	20
Gambar 2. 12 Life Cycle Cost parameters .....	33
 Gambar 3. 1 Flowchart metodologi penelitian.....	 47
 Gambar 4. 1 Excavator PC 300-8MO .....	 54

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor swing dan kedalaman galian.....	23
Tabel 2. 2 Faktor kedalaman gali optimum .....	23
Tabel 2. 3 Faktor kondisi kerja dan tata laksana .....	24
Tabel 2. 4 Faktor pengisian bucket terhadap material .....	24
Tabel 2. 5 FMEA worksheet .....	26
Tabel 2. 6 Severity ranking .....	27
Tabel 2. 7 Occurence ranking .....	29
Tabel 2. 8 Detection ranking.....	31
Tabel 2. 9 Fuel consumption pada hydraulic excavator.....	38
Tabel 2. 10 Lubricants consumption.....	40
Tabel 2. 11 Penelitian terdahulu.....	44
Tabel 4. 1 Proses schedule maintenance pada excavator PC 300 - 8MO .....	54
Tabel 4. 2 Data schedule maintenance pada tahun 2017 .....	56
Tabel 4. 3 Jumlah downtime tiap komponen excavator.....	62
Tabel 4. 4 Spesifikasi standard bucket PC 300-8MO .....	63
Tabel 4. 5 Perbandingan material density terhadap spesifikasi standard.....	64
Tabel 4. 6 Estimasi biaya kepemilikan dan operasi .....	66
Tabel 4. 7 FMEA komponen electrical .....	69
Tabel 4. 8 FMEA komponen engine .....	69
Tabel 4. 9 FMEA komponen hydraulic.....	70
Tabel 4. 10 Perbandingan jumlah downtime komponen electrical sebelum dan sesudah FMEA .....	71
Tabel 4. 11 Perbandingan jumlah downtime komponen engine sebelum dan sesudah FMEA .....	72
Tabel 4. 12 Perbandingan jumlah downtime komponen hydraulic sebelum dan sesudah FMEA .....	72
Tabel 4. 13 Perbandingan total downtime keseluruhan komponen unit sebelum dan sesudah FMEA .....	73
Tabel 4. 14 <i>Estimasi total biaya kepemilikan dan operasi setelah adanya penerapan FMEA</i> .....	75

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi, serta manfaat dari penelitian ini.

### **1.1 Latar Belakang**

Alat berat merupakan sebuah mesin yang berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan kegiatan konstruksi dan pertambangan. Kebanyakan alat berat yang digunakan dalam menunjang aktivitas industri semen adalah *excavator*, *wheel loader*, *bulldozer*, dan *Dump truck*. Pemilihan menggunakan alat berat tersebut didasari oleh fungsi yang diberikan. Beberapa fungsi yang diberikan alat berat adalah sebagai *loading equipment*, *heavy support equipment*, *lifting equipment*, *hauling equipment*, dan *drilling machine*. Salah satu alat berat paling banyak digunakan oleh PT UTSG adalah *excavator* PC 300-8MO.

Dalam hal ini, pemeliharaan terhadap alat berat merupakan faktor penting dalam menunjang kinerja alat. Sistem pemeliharaan alat berat yang dilakukan di PT UTSG telah mengikuti instruksi manual perawatan yang telah diberikan oleh ATPM (Agen Tunggal Pemegang Merk). Pada kenyataannya banyak ditemukan *breakdown* yang tidak terduga selama pengoperasian unit. Hal ini dapat berpengaruh pada laju produksi yang dihasilkan unit dan meningkatnya pengeluaran perusahaan untuk biaya pemeliharaan (*maintenance*) apabila *breakdown* tersebut menyebabkan nilai *downtime* yang sangat tinggi. Dalam penelitian ini, penerapan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) diharapkan dapat menjadi sebuah *tools* dalam membantu perusahaan dalam mengidentifikasi resiko penyebab terjadinya *breakdown* dan diharapkan adanya tindakan mitigasi dalam menangani *failure* terhadap item komponen yang dianggap kritis sehingga kedepannya berbagai macam kerusakan tersebut dapat dihindari. Selain itu, penerapan metode LCC (*Life Cycle Cost*) diharapkan dapat memberikan

estimasi atau gambaran biaya kepemilikan dan operasi perusahaan secara lengkap dan jelas.

LCC adalah suatu proses analisa ekonomi terhadap Total Cost Ownership (TCO) suatu produk atau alat yang didalamnya terdapat *owning cost* dan *operating cost*. *Owning cost* mencakup biaya awal, depresiasi, asuransi, pajak, penyimpanan, dan biaya investasi. Sedangkan, *operating cost* terdiri dari biaya perbaikan dan perawatan, biaya ban, bahan bakar, operator dan biaya lain-lain. Tingkat ketepatan penggunaan metode ini dapat memberikan gambaran biaya pemeliharaan kepada perusahaan (Gransberg, 2015). Manfaat dari penggunaan metode LCC dapat dilihat dari berbagai sudut pandang antara lain:

- a. Dari sudut pandang *supplier/distributor* mengenai penerapan metode ini adalah dapat memberikan keyakinan kepada *user/customer* dalam memilih investasi yang tepat
- b. Dari sudut pandang *user/customer* mengenai penerapan metode ini adalah untuk menilai kelayakan ekonomis terhadap suatu produk serta dapat membandingkannya dengan produk yang lain

Oleh karena itu, di akhir penelitian ini diharapkan adanya suatu bentuk evaluasi manajemen pemeliharaan yang efisien terhadap *excavator* PC 300-8MO dengan metode *Life Cycle Cost (LCC)* dengan hasil berupa penentuan biaya pemeliharaan alat berat. Penentuan metode tersebut nantinya diharapkan dapat memberikan alternatif yang lebih efisien kepada perusahaan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Perumusan masalah yang ada pada penelitian ini adalah bagaimana melakukan evaluasi manajemen pemeliharaan yang efisien pada *excavator* PC 300-8MO dengan menggunakan metode FMEA serta melakukan estimasi terhadap biaya pemeliharaan yang berpengaruh nantinya pada biaya kepemilikan dan operasi dengan menggunakan metode LCC.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berikut merupakan tujuan dari penelitian ini dibuat, antara lain:

1. Mengidentifikasi kebijakan pemeliharaan unit.

2. Mengidentifikasi pola kerusakan unit.
3. Menentukan laju produksi ideal unit.
4. Menetapkan estimasi biaya kepemilikan dan operasi unit *excavator* dengan penerapan metode LCC.

#### **1.4 Ruang Lingkup Penelitian**

Berikut ini akan dijelaskan mengenai ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi

##### **1.4.1 Batasan**

Batasan dalam penelitian ini adalah:

1. Data pola kerusakan alat berat *excavator* PC 300 – 8MO merujuk pada data di tahun 2017 (Januari 2017 – Desember 2017).
2. Area pengamatan kerja alat berat *excavator* PC 300 – 8MO berada pada *plant site* Tuban II.
3. Area Pengamatan terhadap pemeliharaan alat berat *excavator* PC 300 – 8MO berada di *workshop* PT UTSG.
4. Apabila terjadi perubahan kebijakan atau wewenang terhadap sistem pemeliharaan setelah penulis masuk ke area perusahaan, maka tidak berpengaruh terhadap penulisan laporan ini.

##### **1.4.2 Asumsi**

Asumsi dalam penelitian ini adalah:

1. Satu tahun kerja efektif alat setara dengan 6000 jam kerja.
2. Alat berat selalu tersedia.
3. Alat berat selalu dalam keadaan *stand by*.
4. Operator alat berat selalu tersedia.
5. Mekanik selalu tersedia.
6. Harga *fuel*, *oil*, dan *grease* baik dalam satuan gallon per hour (gph) atau liter per hour (lph) yang dijadikan landasan perhitungan pada *operating cost*, menggunakan nilai pada waktu dan tanggal saat perhitungan dilakukan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Berikut ini merupakan manfaat dari penelitian, antara lain:

1. Perusahaan memiliki gambaran laju produksi yang optimal bagi alat berat *excavator* PC 300 – 8MO.
2. Perusahaan memiliki solusi alternatif dalam menghitung biaya kepemilikan dan operasi peralatannya.
3. Perusahaan mendapatkan profit yang lebih besar, akibat adanya *cost efficiency* pada biaya pemeliharaan yang diberikan oleh metode yang diusulkan.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

laporan penulisan tugas akhir ini dilakukan berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini dijelaskan tentang latar belakang dari penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan, ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi agar penelitian ini lebih terfokuskan, serta sistematika penulisan tugas akhir.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini berisi tentang penjelasan tentang teori-teori yang relevan dalam menunjang penelitian. Pembahasan teori juga bertujuan untuk memudahkan pembaca dalam memahami konsep yang digunakan penulis. Teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari buku, penelitian sebelumnya, jurnal, dan artikel. Pokok bahasan utama yang akan dijelaskan pada penelitian ini adalah definisi pemeliharaan, alat berat dan pengelompokannya, laju produksi alat berat, FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), dan *Life Cycle Cost*.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi yang digunakan dalam penulisan tugas akhir. Isi dari metodologi menggambarkan alur dari penelitian serta skema pemikiran dari penulis.

#### BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini, data-data yang relevan dikumpulkan oleh penulis untuk mencapai tujuan pembuatan tugas akhir. Dalam pengumpulan dan pengolahan data, penulis memerlukan data-data primer dan sekunder yang nantinya diperlukan untuk menentukan kapastitas produksi unit, merancang FMEA, dan melakukan estimasi *Life Cycle Cost (owning and operating cost)*.

#### BAB V ANALISA DAN DISKUSI DATA

Pada bab ini akan dilakukan analisa mendalam mengenai evaluasi sistem pemeliharaan alat berat *excavator* PC 300-8MO serta melakukan perincian biaya pemeliharaan alat berat yang berpengaruh terhadap estimasi biaya kepemilikan dan operasi yang nantinya akan menjadi usulan alternatif di PT United Tractors Semen Gresik.

#### BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan mengenai pernyataan-pernyataan penulis mengenai hasil dari penelitian tugas akhir secara menyeluruh yang dapat menjawab tujuan penelitian tugas akhir. Selain itu, pada bab ini disertakan saran-saran yang ditujukan pada penelitian selanjutnya.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

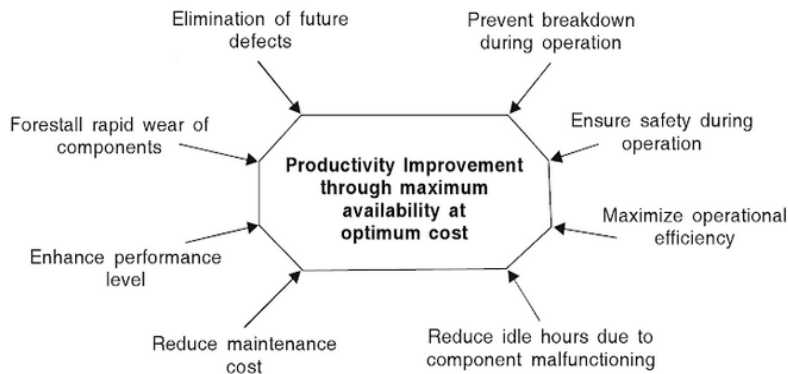
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tinjauan pustaka yang berisi tentang teori-teori yang relevan demi menunjang tujuan dari penelitian tugas akhir.

#### **2.1 Definisi dan Tujuan Pemeliharaan**

Pemeliharaan (*maintenance*) merupakan suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi, sehingga dari sistem diharapkan dapat menghasilkan *output* yang sesuai (Gasperz, 1992). Salah satu tujuan utama dari kegiatan pemeliharaan adalah untuk memelihara reliabilitas sistem pengoperasian pada tingkat yang dapat diterima dan tetap memaksimalkan laba atau meminimumkan biaya (Handoko, 1984). Tujuan terpenting dari fungsi pemeliharaan adalah memaksimalkan ketersediaan peralatan atau fasilitas sehingga dapat membantu dalam mencapai tujuan akhir dari suatu organisasi. Tujuan penting lainnya pada pemeliharaan adalah pembentukan kondisi kerja yang aman dan baik untuk personil pemeliharaan operasi (Mishra & Pathak, 2012). Tujuan pemeliharaan (*maintenance*) pada umumnya adalah sebagai berikut (Mustafa, 1998):

- a. Memungkinkan tercapainya mutu produk dan kepuasan pelanggan melalui penyesuaian, pelayanan, dan pengoperasian peralatan secara tepat.
- b. Memaksimalkan umur kegunaan dari sistem atau peralatan.
- c. Menjaga agar sistem aman dan mencegah berkembangnya gangguan keamanan.
- d. Meminimalkan biaya produksi total yang secara langsung dapat dihubungkan dengan *service* dan perbaikan.
- e. Meminimalkan frekuensi dan kuatnya gangguan-gangguan terhadap proses operasi.
- f. Memaksimalkan produksi dari sumber-sumber sistem yang ada.
- g. Menyiapkan personil, fasilitas, dan metodenya agar mampu mengerjakan tugas-tugas pemeliharaan (*maintenance*)

Berbagai tujuan pemeliharaan lainnya digambarkan sebagai berikut



Gambar 2. 1 Pengaruh Produktivitas terhadap optimum cost

Sumber: Mustafa, 1998

Dalam organisasi industri saat ini, pentingnya fungsi pemeliharaan telah meningkat sangat pesat. Oleh karena itu, tujuannya harus dirumuskan dalam kerangka keseluruhan pengaturan organisasi sehingga tujuan organisasi terpenuhi. Rencana pemeliharaan dapat disusun untuk memberikan panduan dimana tindakan pemeliharaan dapat dilakukan secara efektif dan bijaksana tanpa pemborosan sumber daya. Untuk itu, petugas atau personil pemeliharaan perlu memastikan bahwa (Mishra & Pathak, 2012):

- Peralatan atau fasilitas selalu dalam kondisi kerja optimal dengan biaya operasi minimum.
- Penyampaian *schedule* ke pelanggan tidak terpengaruh karena tidak tersedianya mesin atau jasa.
- Kinerja mesin atau fasilitas bisa di andalkan.
- Downtime* mesin atau fasilitas dijaga agar tetap minimum. Apabila terjadi kerusakan yang berarti hal yang sama dapat diperbaiki secepat mungkin
- Biaya pemeliharaan dipantau dengan benar untuk mengendalikan biaya *overhead*.
- Tetap mempertahankan tingkat ketepatan kinerja yang dapat diterima untuk menghindari penggantian yang tidak perlu pada masa berlaku alat yang berkepanjangan.

- g. Standar pemeliharaan dalam hal kualitas harus ditetapkan untuk mencapai keandalan yang diinginkan.
- h. Catatan pemeliharaan dan fungsi evaluasi harus dijaga/disimpan.
- i. Persediaan perawatan *spare parts* yang efektif dijaga pada setiap level.

## **2.2 Konsep Pemeliharaan**

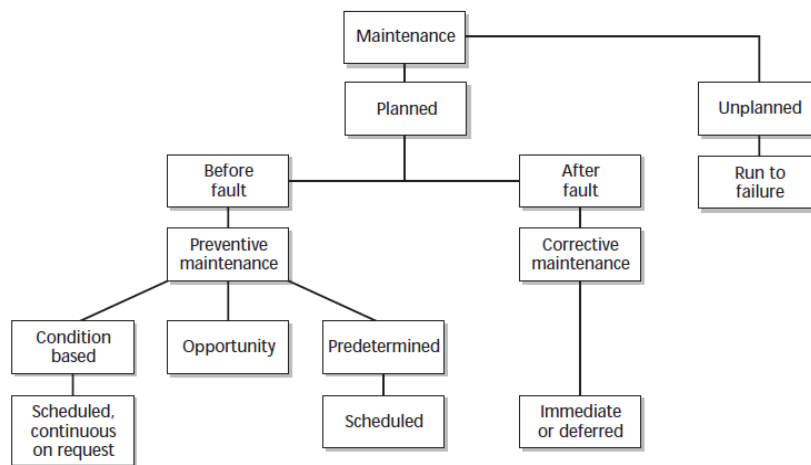
Dapat diamati bahwa konsep pemeliharaan (*maintenance*) terdiri dari dua tujuan utama: (1) perumusan kebutuhan akan pemeliharaan (*maintenance*) agar sistem dapat dikembangkan dan (2) penyediaan sarana pendukung sistem yang telah dikembangkan (Mishra & Pathak, 2012). Oleh karena itu, dalam membentuk suatu konsep pemeliharaan harus menghasilkan suatu jawaban *real* dan dapat memenuhi kebutuhan *system design engineers* dan *logistic support planner*. Pemeliharaan adalah fungsi untuk menjaga peralatan/mesin dalam kondisi kerja dengan mengganti atau memperbaiki beberapa komponen mesin. Terkadang pemeriksaan berkala dirasa cukup dalam menjaga agar peralatan tetap berjalan. Konsep pemeliharaan merupakan rencana garis besar bagaimana fungsi pemeliharaan akan dilakukan. Dengan informasi yang tersedia dari pengguna, prosedur terperinci ditarik untuk mengkonkretkan konsep perawatan. Prosedur yang dapat dieksekusi dikembangkan secara kolektif disebut rencana pemeliharaan. Pengembangan rencana pemeliharaan tersebut adalah salah satu persyaratan terpenting dari program perawatan yang memerlukan interaksi yang berarti antara pengguna dan produsen. Informasi *feedback* yang diterima akan memungkinkan pabrikan mengatur ulang desain sesuai dengan kondisi operasi pengguna dan juga persyaratan perawatan.

Konsep pemeliharaan peralatan terkait dengan kebutuhan operasional dapat berubah dari satu mesin ke mesin atau sistem ke sistem (Mishra & Pathak, 2012). Kebutuhan operasional peralatan atau sistem bervariasi dari penggunaan terputus (*intermittent*) sampai penggunaan terus menerus (*continuous*). Konsep operasional ditentukan terlebih dahulu lalu dikembangkanlah konsep pemeliharaan untuk mendukung konsep operasional. Akhirnya, rencana pemeliharaan disusun sesuai dengan konsep yang dikembangkan agar lebih realistis. Dengan demikian, cakupan pemeliharaan telah berkembang dan mencakup tidak hanya perbaikan sistem,

namun juga keamanan sistem, viabilitas ekonomi, kualitas, dan penggunaan sumber daya lingkungan yang paling sesuai (Mishra & Pathak, 2012).

### 2.3 Jenis Pemeliharaan

Pemeliharaan dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu *unplanned* (tidak terencana) dan *planned* (terencana).



Gambar 2. 2 Jenis pemeliharaan

Sumber: Butcher, 2008

Dalam *unplanned maintenance*, tidak ada pengaturan yang teratur untuk diikuti dan semuanya dilakukan sebagai reaksi terhadap situasi yang mungkin mengakibatkan kerusakan, frustrasi, dan kehilangan control yang berkepanjangan. *Unplanned maintenance* menunjukkan bahwa operator tidak bertanggung jawab atas kegagalan *engineering* dan konsekuensi yang tak terelakkan. Hal ini dapat membuat operator berpotensi tidak memenuhi persyaratan untuk dipakai. Oleh karena itu, *unplanned maintenance* tidak dipertimbangkan lebih jauh. *Planned maintenance* diatur, dikendalikan, dan diikuti prosedur yang dapat dikenali. *Planned maintenance* dapat berbentuk beberapa macam, seperti (Butcher, 2008):

- a. *Preventive Maintenance*, merupakan suatu pengamatan secara sistematis yang disertai dengan analisa teknis dan ekonomis untuk menjamin

berfungsinya suatu peralatan produksi dan memperpanjang umur peralatan produksi.

- b. *Corrective Maintenance*, tindakan perbaikan yang dilakukan karena kegagalan atau kekurangan yang ditemukan pada tahap *preventive maintenance* dalam memperbaiki peralatan/barang ke keadaan semula (Dhilon, 2002).
- c. *Immediate Maintenance*, merupakan jenis kerusakan yang tak terduga dan harus segera ditangani.
- d. *Scheduled Maintenance*, merupakan *preventive maintenance* yang dilakukan terhadap interval yang ditentukan, jumlah operasi, jam kerja, dan sebagainya.
- e. *Opportunity Maintenance*, merupakan pekerjaan yang dilakukan sebagaimana mestinya dan bila memungkinkan terletak dalam batas-batas permintaan operasional.
- f. *Design-out Maintenance*, merupakan bentuk perawatan lain yang kurang tepat. Oleh karena itu, kebutuhan perawatan perlu dirancang dan dipertimbangkan untuk mencapai tingkat keandalan yang dipersyaratkan.
- g. *Condition-based Maintenance*, merupakan pekerjaan yang diprakarsai oleh tren yang disorot oleh pemantauan kondisi pabrik, seperti kinerja umum atau parameter spesifik (misalnya getaran bantalan dan suhu motor lilitan)
- h. *Reliability Centred Maintenance*, merupakan strategi pemeliharaan tingkat korporat yang diimplementasikan untuk mengoptimalkan program perawatan perusahaan atau fasilitas. Hasil akhir dari program RCM adalah implementasi strategi pemeliharaan khusus pada masing-masing aset fasilitas.
- i. *Business Focused (or risk based) Maintenance*, memprioritaskan pemeliharaan sesuai dengan bisnis inti kegiatan dengan mempertimbangkan risiko bisnis, ketahanan, dan kinerja pabrik untuk memastikan fungsi bisnis yang optimal.
- j. *Run to Failure*, dalam strategi ini aset sengaja diizinkan beroperasi hingga *breakdown*. Tidak ada pemeliharaan, termasuk *preventive maintenance* pada aset hingga terjadi *breakdown*. Namun, ada rencana tersendiri dalam

mengatasi *breakdown* sehingga aset tersebut dapat diperbaiki tanpa menimbulkan masalah produksi.

## **2.4 Tantangan dalam Pemeliharaan**

Pada industri modern yang sedang dihadapi dewasa ini, fungsi dari pemeliharaan menghadapi beberapa tantangan yaitu (Mishra & Pathak, 2012):

- a. Perkembangan teknologi yang pesat sehingga menghasilkan teknologi saat ini menjadi using (*outdated*).
- b. Munculnya alat diagnostic kemajuan baru dan sistem perbaikan yang lebih cepat.
- c. Teknik *advanced store management* untuk menggabungkan teknologi modular.
- d. Persyaratan untuk menjaga mesin *outdated* dan modern dalam pelayanan.
- e. Memberikan pelatihan dan meningkatkan keterampilan personil perawatan.
- f. Analisis kerusakan dan kegagalan komponen untuk merumuskan ukuran korektif.
- g. Pembentukan divisi/*departemen* pemeliharaan terpisah.
- h. Mengembangkan *maintenance schedule and repair* serta program *overhaul*.

Pengelolaan aspek pemeliharaan yang efektif dalam situasi seperti ini seringkali menjadi pekerjaan yang sulit. Selain itu, pembetulan kesalahan pada peralatan dapat meliputi aktivitas berikut (Mishra & Pathak, 2012):

- a. Pemeliharaan efektif peralatan baik yang lama maupun yang baru untuk mencapai ketersediaan yang lebih tinggi.
- b. Optimalisasi semua fungsi pemeliharaan termasuk dengan biayanya.
- c. Penggabungan perbaikan kegiatan pemeliharaan, terutama di bidang teknologi.
- d. Rekondisi suku cadang bekas/tidak dapat di perbaiki sedapat mungkin.
- e. Pengembangan sumber daya untuk pembuatan suku cadang untuk peralatan/sistem yang didapat secara impor.

## **2.5 Alat Berat**

Alat berat adalah istilah umum yang mengacu pada kategori kendaraan yang beragam dan secara dimensional berbentuk *massive* atau sangat besar. Alat berat

dapat dioperasikan baik di jalanan dengan banyak hambatan (*off-road*) hingga jalan raya dengan desain yang dirancang untuk melakukan berbagai tugas di sektor industri. Alat berat memiliki kegunaan atau fungsi, mulai dari menjadi moda transportasi dalam mengangkut peralatan dan manusia dengan mobilitas dan kecepatan yang tinggi, memiliki fitur yang membuatnya fleksibel di jalanan *off road*, hingga paling banyak dimanfaatkan kegunaannya dalam menjangkau sektor industri seperti pertambangan, pertanian dan perkebunan, perhutanan, *landscaping* (pembukaan lahan), dan penanganan material (*material handling*) (Duffy, et al., 2018).

## **2.6 Pengelompokkan Alat Berat Penggerak Utama**

Dalam sub-bab ini akan dibahas mengenai penggerak utama pada alat berat yang terbagi dalam tiga jenis kategori yaitu Traktor sebagai *prime mover*, *excavator* sebagai *prime move*, dan alat selain traktor dan *excavator*. Dalam penjelasan sub-bab ini hanya akan membahas mengenai alat-alat yang digunakan di PT United Tractors Semen Gresik. Hal ini bertujuan sebagai pembatas literatur agar pembuatan laporan tugas akhir ini menjadi lebih terstruktur.

### **2.6.1 Traktor Sebagai Prime Mover**

Dalam sub-bab ini akan dijelaskan mengenai pengertian traktor secara umum, *bulldozer* (sebagai alat penggusur), dan *loader* (sebagai alat pemuat).

#### **2.6.1.1 Traktor**

Traktor adalah alat yang dapat mengubah energy mesin menjadi energy mekanik. Penggunaan utama traktor adalah sebagai penarik atau pendorong beban yang memerlukan tenaga yang besar. Tetapi, disini lai traktor dapat digunakan untuk keperluan lain. Dalam memilih traktor, ada beberapa faktor yang dapat dijadikan pertimbangan, antara lain (Rochmanhadi, 1992):

- a. Ukuran yang diperlukan untuk pekerjaan tertentu. Hal ini bertujuan agar faktor tersebut dapat bekerja secara efektif.
- b. Jenis pekerjaan yang akan dikerjakan. Misalnya, menarik scrapper, mengerjakan ripping, dll.
- c. Kondisi tempat bekerja.
- d. Traksi yang tersedia.

- e. *Haul distance* atau jarak angkut yang ada.
- f. Pengangkutannya ketempat kerja.
- g. Dan lain-lain.

Pada prinsipnya traktor dibedakan menjadi dua bagian, yaitu traktor roda kelabang (*crawler tractor*) dan traktor beroda ban (*wheel tractor*).



Gambar 2. 3 Crawler tractor (Gambar kiri), Wheel tractor (Gambar kanan)

Sumber: (www.caterpillar.com dan www.deere.com)

#### 2.6.1.2 Bulldozer (Peralatan Pembersih Lapangan)

Pada dasarnya *bulldozer* adalah alat yang menggunakan traktor sebagai penggerak utama. Kita menyebutnya sebagai *bulldozer*, dikarenakan traktor ini dilengkapi dengan *dozer attachment*. Dalam hal ini, yang dimaksud *attachment* adalah *blade* pada *bulldozer*. *Bulldozer* adalah nama jenis dari *dozer* yang mempunyai kemampuan mendorong kedepan. Selain itu, alat ini mempunyai kemampuan mendorong kesamping (Rochmanhadi, 1992).

Menurut *track shoe* nya *bulldozer* dibedakan sebagai berikut:

- a. *Crawler tractor dozer*
- b. *Wheel tractor dozer*
- c. *Swamp bulldozer*

Berdasarkan penggerak *blade* nya, *bulldozer* dibedakan sebagai berikut:

- a. *Cable controlled*
- b. *Hydraulic controlled*

Pada proyek-proyek konstruksi dan pertambangan, terutama pada pekerjaan yang ada kaitannya dengan pemindahan tanah, *bulldozer* digunakan pada pelaksanaan pekerjaan seperti berikut:



- a. Pembersihan *sites*/medan
- b. Pembukaan jalan kerja di daerah pegunungan maupun bebatuan
- c. Menghampar tanah isian/urugan (*fills*)
- d. Dan lain-lain



Gambar 2. 4 Crawler dozer (gambar kiri atas), wheel dozer (gambar kanan atas), swamp dozer (gambar bawah)

Sumber: (www.unitedtractors.com)

### 2.6.1.3 Loader

*Loader* adalah alat yang dipergunakan untuk pemuatan material kepada *dump truck* dan sebagainya. Sebagai *prime mover*, *loader* menggunakan *tractor*. Terdapat dua macam *loader* (ditinjau dari *prime mover* nya), antara lain (Rochmanhadi, 1992):

- a. *Loader* dengan penggerak *crawler tractor* atau disebut *traxcavator*
- b. *Loader* dengan penggerak *wheel tractor* atau disebut dengan *wheel loader*



Gambar 2. 5 track loader atau traxcavator (gambar kiri) dan wheel loader (gambar kanan)

sumber: (www.unitedtractors.com)

## 2.6.2 Excavator sebagai Prime Mover

Dalam sub-bab ini akan dijelaskan mengenai *backhoe*, *dragline*, dan *clamshell* pada *excavator*.

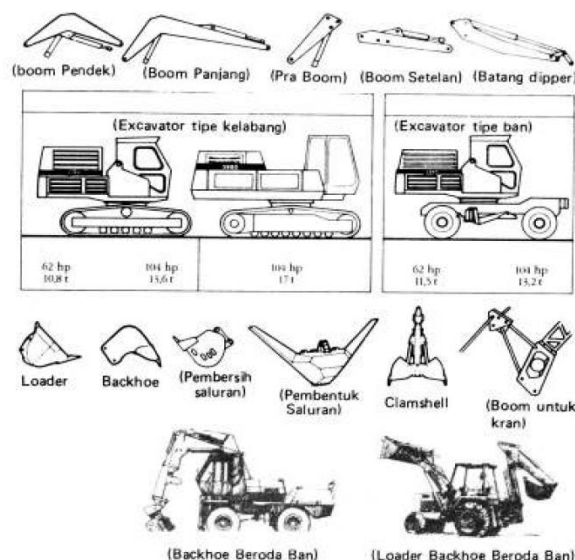
### 2.6.2.1 Backhoe

*Backhoe* atau *pull shovel* menggunakan *prime mover excavator*. Berikut ini merupakan bagian-bagian penting dari *excavator* antara lain (Rochmanhadi, 1992):

- Bagian atas merupakan *revolving unit* (dapat berputar)
- Bagian bawah merupakan *travel unit* (untuk berjalan)
- Bagian *attachment* bersifat dapat diganti-ganti

*Backhoe* dikhususkan untuk penggalian yang letaknya dibawah kedudukan *backhoe* itu sendiri. Keuntungan *backhoe* jika dibandingkan engan *dragline* dan *clamshell* adalah dapat menggali dengan kedalaman yang jauh lebih teliti. Selain itu *backhoe* bisa digunakan sebagai alat pemuat untuk truk. Pada umumnya jenis *backhoe* dibedakan menurut keandalannya adalah (Rochmanhadi, 1992):

- Menggunakan *cable controlled*
- Menggunakan *hydraulic controlled*



Gambar 2. 6 Jenis-jenis backhoe dan boom (arm) pada excavator

Sumber: (Rochmanhadi, 1992)



Gambar 2. 7 Komatsu excavator PC - 200

Sumber: (www.unitedtractors.com)

#### 2.6.2.2 Dragline

Kelompok lain dari *excavator*, yang akan dibahas pada bagian ini adalah *dragline*. Alat ini didapat dengan menambah *attachment boom crane* dan *drag bucket* pada *excavator*. Pada kenyataannya, *dragline* mempunyai jangkauan lebih besar dari pada jenis *shovel*, tetapi dalam jenis kinerja galian memiliki tenaga yang lebih kecil. *Dragline* dapat dibedakan dalam 3 tipe yaitu (Rochmanhadi, 1992):

- a. *Crawler dragline*
- b. *Wheel dragline*
- c. *Dragline* yang dipasang diatas truk



Gambar 2. 8 Dragline excavator

Sumber: (liebherr.com)

### 2.6.2.3 Clamshell

*Clamshell* didapat dengan menggantikan *drag bucket* pada *dragline* dengan suatu *clamshell*. *Clamshell* sangat cocok digunakan terutama untuk bahan-bahan yang mudah lepas seperti pasir, kerikil, batu pecah, lumpur, batu bara, dan lain sebagainya. *Clamshell* bekerja dengan cara menjatuhkan *bucket* secara vertical dan mengangkatnya secara vertical pula, dengan *swing* sebagaimana pada excavator membongkar material ke tempat yang dikehendaki. *Bucket* dalam *clamshell* terdapat dalam berbagai ukuran, antara lain (Rochmanhadi, 1992):

- a. *Heavy duty bucket*, dilengkapi dengan gigi yang dapat dilepas. Digunakan untuk penggalian
- b. *Light duty bucket*, digunakan untuk mengangkat bahan ringan, tanpa dilengkapi oleh gigi-gigi



Gambar 2. 9 Clamshell excavator

Sumber: (Rochmanhadi, 1992)

### 2.6.3 Alat Berat Selain Traktor dan Excavator

Pada sub-bab ini akan dijelaskan mengenai truk secara umum, pengertian *dump wagon*, dan trailer.

### 2.6.3.1 Truk

Truk merupakan sebuah alat yang dapat melakukan pekerjaan tambang dan konstruksi. Salah satu manfaat truk dapat dilihat terutama dalam hal pemuatan material dan memiliki jarak angkut yang relatif jauh. Jenis-jenis truk antara lain (Rochmanhadi, 1992):

- a. *Dump truck*
- b. *Trailer*
- c. *Dumper*
- d. Dan lain-lain

Masing-masing alat tersebut dibuat untuk spesialisasi terhadap pekerjaan yang ditanganinya. Dalam pembuatan tugas akhir ini, penulis menitik beratkan dalam pembahasan seputar *dump truck*. Dalam pekerjaan konstruksi dan tambang, *dump truck* terbagi dalam 3 jenis, yaitu:

- a. *Side dump truck* (penumpahan ke samping)
- b. *Rear dump truck* (penumpahan ke belakang)
- c. *Rear and side dump truck* (penumpahan ke belakang dan ke samping)



Gambar 2. 10 Contoh rear dump truck Scania P - 360

Sumber: (www.scania.com)

### 2.6.3.2 Dump Wagon

Untuk pengangkutan material yang khusus dan dalam jumlah besar maka dipakai suatu alat angkut yang dinamakan *dump wagon*. Dilihat dari cara pembuangannya, *dump wagon* dapat dibagi menjadi 3 kategori, yaitu (Rochmanhadi, 1992):

- a. *Rear dump* (pembuangan ke belakang)

- b. *Side dump* (pembuangan ke samping)
- c. *Bottom dump* (pembuangan ke bawah)

Masing-masing penggunaannya disesuaikan dengan keadaan dan kebutuhan lapangan. Keuntungan yang didapat ialah material yang diangkut cukup besar dan bisa menjadi alat penarik tersendiri, sehingga menghemat penggunaan alat berat yang lain.

### 2.6.3.3 Trailer

Untuk kepentingan pengangkutan alat berat ke lapangan diperlukan alat pengangkut khusus yang disebut dengan *trailer*. Apabila dilihat dari jenisnya, *trailer* dibedakan menjadi dua kategori yaitu *semi trailer* dan *full trailer*. Suatu alasan diperlukannya *trailer* ini adalah karena keterbatasan alat berat seperti traktor dan *excavator* terutama yang berbasis *crawler* untuk berjalan dengan kekuatan sendiri dengan jarak tempuh yang jauh (Rochmanhadi, 1992).



Gambar 2. 11 Trailer Scania P-360 dengan attachment cab and chasis

Sumber: (www.scania.com)

## 2.7 Laju produksi Alat Berat

Pengertian Laju produksi merupakan suatu tingkatan keluaran (*output*) maksimal dari suatu sistem pada periode tertentu. Berikut ini akan dijelaskan mengenai rumus persamaan dari laju produksi *excavator* (Rochmanhadi, 1992).

$$Q = \frac{3600}{Ct} \times q \times Ff \times Fk \quad (2.1)$$

Keterangan:

Q	= Produksi per jam (m <sup>3</sup> /jam)
q	= Kapasitas <i>real bucket</i> (m <sup>3</sup> )
Ff	= faktor pengisian <i>bucket</i>
Fk	= Faktor koreksi
Ct	= Waktu siklus (detik)

Dalam menyusun perhitungan tersebut, harus ditentukan terlebih dahulu waktu siklus (*cycle time*), faktor pengisian *bucket* (*fill factor*), dan faktor koreksi. Berikut ini merupakan penjelasan rumus dari ketiga item tersebut.

1. Waktu siklus (*cycle time*)

Waktu siklus (*cycle time*) merupakan waktu yang diperlukan suatu unit atau peralatan dalam satu siklus operasi (Purnomo, 2003). Berikut ini merupakan penjelasan dari waktu siklus *excavator* (Setiawati & Maddeppunggeng, 2013).

$$Ct = t_1 + (2 \times t_2) + t_3 \quad (2.2)$$

Keterangan:

Ct	= Waktu siklus (detik)
t <sub>1</sub>	= Waktu gali atau waktu muat <i>bucket</i> (detik)
t <sub>2</sub>	= Waktu <i>swing</i> (detik)
t <sub>3</sub>	= Waktu buang atau <i>dumping</i> (detik)

2. Faktor pengisian *bucket* (*Fill factor*)

Berikut ini merupakan penjelasan mengenai rumus dari faktor pengisian *bucket excavator*.

$$Ff = \frac{V_r}{V_s} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan:

Ff	= <i>Filling factor</i> (dalam persen)
V <sub>r</sub>	= Volume <i>real bucket</i> yang dihasilkan suatu alat (m <sup>3</sup> )

$V_s$  = Volume *standard bucket* yang diperoleh dari spesifikasi alat ( $m^3$ )

### 3. Faktor Koreksi

Faktor koreksi dipengaruhi oleh faktor kondisi ketersediaan alat berat, faktor *swing* dan kedalaman optimum, faktor kondisi tata laksana, dan faktor pengisian *bucket terhadap* material (Rochmanhadi, 1992). Untuk memahaminya lebih lanjut dapat dijelaskan sebagai berikut.

#### a. Faktor kondisi ketersediaan mekanis

Faktor kondisi ketersediaan mekanis merupakan faktor yang menunjukkan kesediaan alat dalam melakukan pekerjaan dengan menitikberatkan pada kehilangan waktu yang digunakan untuk memperbaiki mesin, perawatan mesin, dan alasan mekanis lainnya. Jika kesediaan mekanis kecil maka kondisi mekanis alat kurang baik (Rostiyanti, 2008). Berikut ini merupakan rumus dari faktor kondisi ketersediaan mekanis.

$$MA = \frac{W_k}{W_k + W_r} \times 100\% \quad (2.4)$$

Keterangan:

$W_k$  = Total waktu kerja operasional alat (jam).

$W_r$  = Total waktu kerja saat terjadi *breakdown* (jam).

#### b. Faktor *swing* dan kedalaman optimum

Sudut *swing* yakni besar sudut yang dibentuk antara posisi *bucket* waktu mengisi dan waktu membuang material akan berpengaruh terhadap waktu siklus, makin besar sudut *swing*, makin besar pula waktu siklusnya. Berikut ini merupakan tabel pengaruh dari faktor *swing* dan kedalaman galian.



Tabel 2. 1 Faktor swing dan kedalaman galian

Kedalaman Optimum ( % )	Faktor Swing & Kedalaman galian Besar sudut Swing ( derajat )						
	45	60	75	90	120	150	180
40	0,93	0,85	0,85	0,80	0,72	0,65	0,59
60	1,10	1,03	0,96	0,91	0,81	0,73	0,66
80	1,22	1,12	1,04	0,98	0,86	0,77	0,69
100	1,26	1,16	1,07	1,00	0,88	0,79	0,71
120	1,20	1,11	1,03	0,97	0,86	0,77	0,70
140	1,12	1,04	0,97	0,91	0,81	0,73	0,66
160	1,03	0,96	0,90	0,85	0,75	0,67	0,62

Sumber: (Rochmanhadi, 1992)

Berikut ini akan dijelaskan mengenai tabel untuk mengetahui kedalaman gali optimum yang dipengaruhi oleh ukuran *bucket*.

Tabel 2. 2 Faktor kedalaman gali optimum

Jenis Material	Ukuran bucket (cu yd)								
	3/8	½	¾	1	1¼	1½	1¾	2	2½
Tanah lembab atau lempung berpasir.	3,8	4,6	5,3	6,0	6,5	7,0	7,4	7,8	8,4
Pasir dan Kerikil.									
Tanah biasa, baik	4,5	5,7	6,8	7,8	8,5	9,2	9,7	10,2	11,2
Tanah liat, baik, keras Tanah liat, basah.	6,0	7,0	8,0	9,0	9,8	10,7	11,5	12,2	13,3

Sumber: (Rochmanhadi, 1992)

c. Faktor kondisi kerja dan tata laksana

Faktor kondisi kerja dan tata laksana dipengaruhi oleh kondisi *real* terhadap kondisi pekerjaan dan kondisi tata laksana. Berikut ini merupakan tabel faktor kondisi kerja dan tata laksana.

Tabel 2. 3 Faktor kondisi kerja dan tata laksana

Kondisi Pekerjaan	Kondisi tata laksana			
	Baik sekali	Baik	Sedang	Buruk
Baik sekali	0.84	0.81	0.75	0.70
Baik	0.78	0.75	0.71	0.65
Sedang	0.72	0.69	0.65	0.60
Buruk	0.63	0.61	0.57	0.52

Sumber: (Rochmanhadi, 1992)

d. Faktor pengisian *bucket* terhadap material

Berikut ini akan dijelaskan pengaruh faktor pengisian *bucket* terhadap material dalam bentuk tabel.

Tabel 2. 4 Faktor pengisian *bucket* terhadap material

Material	Faktor pengisian.		
Pasir & Kerikil.	0.9	–	1
Tanah biasa.	0.8	–	0.9
Tanah liat keras.	0.65	–	0.75
Tanah liat basah.	0.50	–	0.60
Batu pecahan baik.	0.6	–	0.75
Batu pecahan kurang baik.	0.4	–	0.50

Sumber: (Rochmanhadi, 1992)

## 2.8 Failure Mode and Effects Analysis

*Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) adalah sebuah metode yang didesain untuk (Carlson, 2012):

- Mengidentifikasi dan memahami sepenuhnya mode kegagalan dan penyebabnya serta efek kegagalan pada sistem untuk sebuah alat/unit atau proses tertentu.
- Menilai resiko yang terkait dengan mode kegagalan yang teridentifikasi, efek, penyebab, dan memprioritaskan masalah dan tindakan korektif.
- Mengidentifikasi dan melakukan tindakan korektif dalam mengatasi masalah yang paling serius.

### 2.8.1 Jenis-Jenis FMEA

Terdapat tiga jenis FMEA yang paling umum yaitu (Carlson, 2012):

- a. *System FMEA* – FMEA ini adalah analisis tertinggi dari keseluruhan sistem yang terdiri dari berbagai subsistem. Fokusannya adalah pada kelemahan terkait sistem termasuk keamanan sistem, integrasi sistem antar muka atau interaksi antara subsistem atau dengan sistem lain, interaksi dengan lingkungan sekitarnya, interaksi dengan manusia, layanan, dan masalah lain yang dapat menyebabkan sistem secara keseluruhan tidak berfungsi sebagaimana yang diinginkan. Pada level *system FMEA* mencakup mode kegagalan yang terkait dengan antarmuka dan interaksi di samping mempertimbangkan kegagalan di suatu titik (di mana kegagalan komponen tunggal dapat mengakibatkan kegagalan total seluruh sistem). Beberapa praktisi memisahkan interaksi dan layanan manusia ke dalam perspektif atau pandangan mereka sendiri.
- b. *Design FMEA* – Jenis ini berfokus pada desain produk atau biasanya berada pada di tingkat komponen dan subsistem komponen. Ruang lingkup *design FMEA* termasuk subsistem atau komponen itu sendiri serta antarmuka antara komponen yang berdekatan.
- c. *Process FMEA* – Jenis ini berfokus pada proses manufaktur atau perakitan dan menekankan bagaimana proses manufaktur dapat ditingkatkan untuk memastikan bahwa suatu produk dibangun untuk memenuhi persyaratan dengan cara yang aman dan memiliki *downtime*, *scrap*, serta pengerjaan ulang minimal.

### 2.8.2 Konsep FMEA

Berikut ini akan dijelaskan mengenai dari konsep dasar dari tabel FMEA (Carlson, 2012).

Tabel 2. 5 FMEA worksheet

Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Design Controls (Prevention)	Current Design Controls (Detection)	Detection	RPN	Recommended Action(s)
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑧	⑨	⑩	⑪

Sumber: (Carlson, 2012)

Untuk memahami lebih dalam mengenai komponen apa saja yang terkandung dalam FMEA worksheet dapat dijelaskan melalui sub bab berikut.

#### 2.8.2.1 *Item*

Sebuah item adalah fokus dalam menyusun sebuah FMEA dimana, pada *system FMEA* yang diamati merupakan sistem itu sendiri. Lalu, pada *design FMEA* yang diamati merupakan subsistem atau komponen yang sedang dianalisa. Untuk *process FMEA*, dalam menyusun metode ini merupakan suatu langkah spesifik dari proses manufaktur atau perakitan di bawah analisis sebagaimana diwakili oleh deskripsi operasi.

#### 2.8.2.2 *Function*

Suatu fungsi adalah tentang apa yang dimaksudkan oleh item atau proses, biasanya untuk standard kinerja atau persyaratan tertentu. Pada *design FMEA*, fungsi ini adalah tujuan utama dari sebuah item. Pada *process FMEA*, fungsi adalah tujuan utama dari operasi manufaktur atau perakitan.

#### 2.8.2.3 *Failure Mode*

*Failure mode* atau mode kegagalan adalah cara dimana suatu item atau sebuah operasi yang sedang bekerja berpotensi mengalami sebuah kegagalan dalam memenuhi fungsi atau persyaratan yang diinginkan.

#### 2.8.2.4 *Effect*

Suatu efek merupakan konsekuensi dari kegagalan pada sistem atau pengguna akhir. Terdapat lebih dari satu efek dalam setiap mode kegagalan, namun

biasanya tim perancang FMEA hanya akan menggunakan efek akhir yang paling serius untuk dianalisa.

#### 2.8.2.5 *Severity*

*Severity* atau keparahan adalah nomor peringkat yang terkait dengan efek yang paling serius pada mode kegagalan yang diberikan berdasarkan pada kriteria dari skala keparahan. Berikut ini merupakan tabel yang menjelaskan *ranking* pada *severity*.

Tabel 2. 6 *Severity ranking*

Skala Severity (keparahan)		
Efek	Kriteria	Rank
Sangat tinggi	Kegagalan mempengaruhi keselamatan atau melibatkan ketidakpatuhan terhadap peraturan pemerintah (menyalahi prosedur). Dapat membahayakan mesin dan operator (rank 9 dengan peringatan, rank 10 tanpa peringatan)	10
		9
Tinggi	Tingkat ketidakpuasan user tinggi akibat mode kegagalan, seperti komponen atau sistem tidak dapat dioperasikan. Kegagalan tidak melibatkan keamanan atau peraturan pemerintah. Kegagalan dapat menyebabkan gangguan serius pada unit saat beroperasi dan dapat mengganggu kerja komponen lainnya dan apabila kerusakan terjadi dapat memakan biaya yang sangat tinggi.	8
		7

Tabel 2.6 Severity ranking (lanjutan)

Skala Severity (keparahan)		
Efek	Kriteria	Rank
Moderat/sedang	Kegagalan dapat menyebabkan ketidakpuasan user dalam hal kenyamanan pengoperasian unit. Kegagalan ini dapat menyebabkan pengerjaan ulang/perbaikan dan/atau kerusakan komponen yang tidak terjadwal	6
		5
		4
Rendah	Karena mode kegagalan ini, user hanya mengalami sedikit gangguan. User mungkin akan melihat sedikit kemunduran performa terhadap komponen atau kinerja unit atau sedikit ketidakpuasan saat unit melakukan operasi.	3
		2
Minor	Tidak ada efek kegagalan yang terlihat	1

Sumber: (Carlson, 2012)

#### 2.8.2.6 Cause

Suatu *cause* atau penyebab merupakan alasan spesifik pada kegagalan. Dalam menemukan suatu penyebab dianjurkan untuk mengajukan pertanyaan sampai akar penyebab ditentukan. Pada *design* FMEA, penyebab yang terjadi adalah definisi desain yang menghasilkan mode kegagalan. Pada *process* FMEA, penyebabnya adalah kekurangan manufaktur atau perakitan yang menghasilkan mode kegagalan. Pada tingkat komponen, penyebab harus dibawa ke tingkat mekanisme kegagalan.

### 2.8.2.7 Occurrence

*Occurrence* atau kejadian merupakan nomor peringkat yang terkait dengan kemungkinan bahwa mode kegagalan dan penyebabnya sering terjadi terhadap item yang sedang dianalisis. Untuk *system* dan *design* FMEA, pertimbangkan kemungkinan terjadinya mode kegagalan selama umur produk atau alat. Pada *process* FMEA, pertimbangkan kemungkinan terjadinya mode kegagalan selama proses produksi. Berikut ini merupakan tabel mengenai *occurrence ranking*.

Tabel 2. 7 Occurence ranking

Skala Occurrence (kejadian)		
Efek	Kriteria	Rank
Sangat tinggi	Kegagalan hampir tak terhindarkan	10
Tinggi	Proses sering mengalami kegagalan	9
		8
Moderat/sedang	Komponen ini kadang-kadang mengalami kegagalan, tetapi tidak dalam proporsi yang besar	7
		6
Rendah	Kegagalan sesekali terdeteksi di unit serupa atau saat pengecekan (inspection)	5

Tabel 2.7 Occurrence ranking (lanjutan)

Skala Occurrence (kejadian)		
Efek	Kriteria	Rank
		4
Sangat rendah	Hanya kegagalan kecil yang terkait dengan komponen ini	3
		2
Tidak ada kejadian	Tidak ada jenis kegagalan yang terjadi pada komponen ini	1

Sumber: (Carlson, 2012)

#### 2.8.2.8 *Prevention Types Design Control*

Pada *system* atau *design* FMEA, *prevention types design control* dideskripsikan tentang bagaimana menguraikan penyebab mode kegagalan atau efek dalam desain atau komponen produk yang dapat dicegah berdasarkan tindakan saat ini atau yang direncanakan perusahaan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan masalah yang akan timbul.

#### 2.8.2.9 *Detection Types Design Control*

Pada *system* dan *design* FMEA, *detection types design control* menggambarkan bagaimana mode kegagalan atau penyebab dalam desain atau komponen produk dapat terdeteksi berdasarkan tindakan saat ini atau yang direncanakan sebelum unit atau produk dilepaskan ke produksi dan digunakan sebagai masukan untuk peringkat deteksi.

#### 2.8.2.10 *Detection*

*Detection* atau deteksi merupakan nomor peringkat yang terkait dengan kontrol terbaik dari daftar kontrol tipe deteksi berdasarkan kriteria yang tersaji



dalam skala deteksi. Berikut ini merupakan tabel yang menjelaskan mengenai *detection ranking*.

Tabel 2. 8 Detection ranking

Skala Detection (deteksi atau dikenali)		
Efek	Kriteria	Rank
Sangat tinggi	Kontrol saat ini hampir pasti dalam mendeteksi mode kegagalan. Kontrol deteksi dapat diandalkan.	1
		2
Tinggi	Kontrol memiliki peluang bagus dalam mendeteksi kegagalan	3
		4
Moderat/sedang	Kontrol dapat mendeteksi keberadaan mode kegagalan	5
		6
Rendah	Kontrol saat ini sangat kecil dalam mendeteksi mode kegagalan	7
		8
Sangat rendah	Kontrol mungkin tidak dapat mendeteksi mode kegagalan	9
Tidak ada deteksi	Kontrol tidak dapat mengenali atau tidak tersedia dalam mendeteksi mode kegagalan.	10

Sumber: (Carlson, 2012)

#### **2.8.2.10 Risk Priority Number (RPN)**

*Risk Priority Number* (RPN) merupakan perigkat numerik dari resiko setiap mode atau penyebab kegagalan potensial. Rumus menghitung RPN adalah sebagai berikut.

$$RPN = S \times O \times D \quad (2.5)$$

Keterangan:

- S = Nilai severity komponen atau item
- O = Nilai *occurenc* komponen atau item
- D = Nilai *detection* komponen atau item

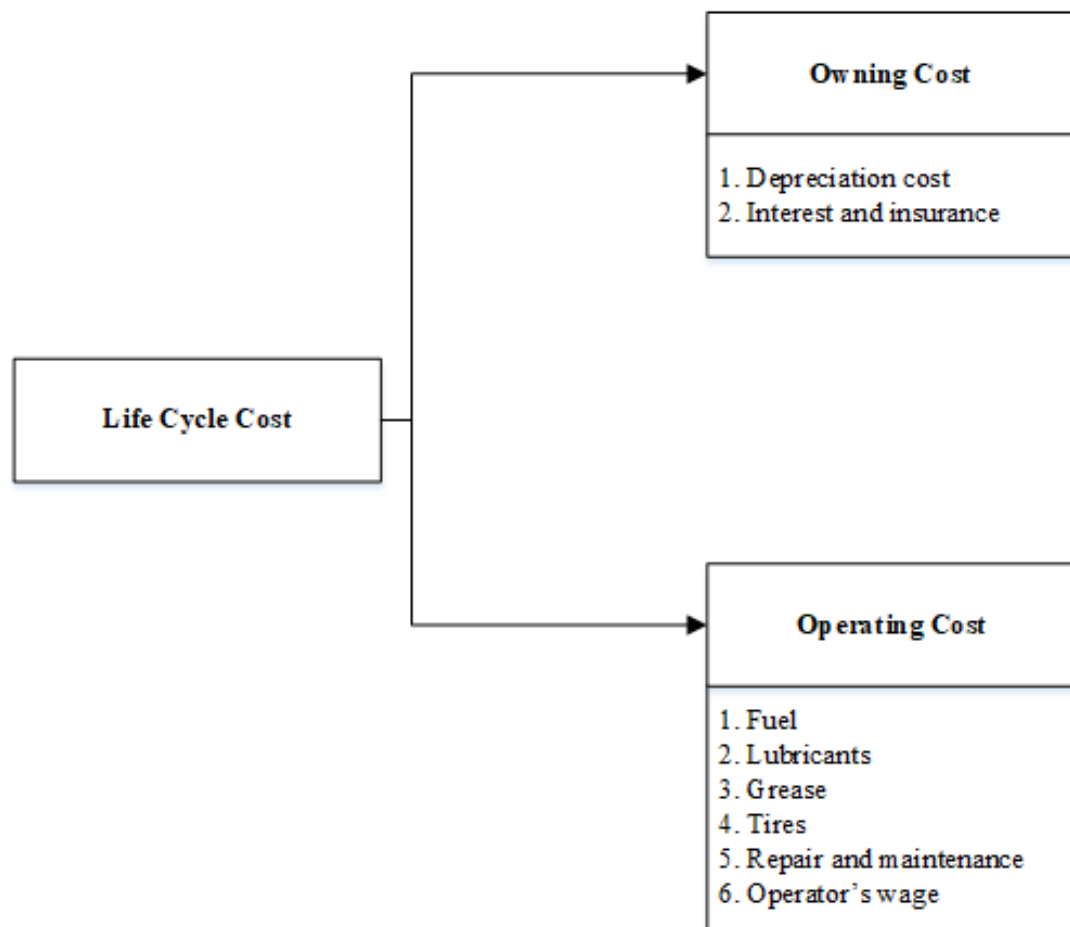
#### **2.8.2.11 Recommended Actions**

*Recommended actions* atau tindakan yang disarankan merupakan tugas yang direkomendasikan oleh tim FMEA untuk mengurangi atau menghilangkan resiko yang terkait dengan potensi penyebab kegagalan.

### **2.9 Life Cycle Cost**

*Life Cycle Cost (LCC)* merupakan penjumlahan dari semua dana yang dihabiskan untuk mendukung suatu item dari konsep, fabrikasi, hingga operasional sampai akhir waktu pakainya. Dari konsep yang ada, LCC memberikan pengertian bahwa analisa LCC dilakukan secara menyeluruh untuk biaya yang keluar dari awal pemakaian hingga akhir pemakaian. Sehingga model ekonomi LCC memberikan penilaian yang lebih baik dari efektivitas jangka panjang dari proyek daripada yang diperoleh dengan hanya keputusan biaya pertama. Analisa LCC diperlukan untuk mengetahui manakah alternatif terbaik dari investasi atau biaya kepemilikan terendah dalam jangka panjang (Gransberg, 2015).

Dalam penerapan metode LCC terdapat parameter-parameter pendukung untuk memudahkan *user* dalam menggunakannya. Parameter-parameter tersebut dapat dijelaskan melalui gambar berikut ini (United Tractors, 2013).



Gambar 2. 12 Life Cycle Cost parameters

Sumber: (United Tractors, 2013)

## 2.10 Biaya-Biaya Pada LCC

Menurut (Asiyanto, 2008) membagi biaya-biaya tersebut menjadi 4 kelompok:

1. Biaya kepemilikan:
  - a. Investasi yaitu berupa biaya yang dikeluarkan untuk awal pekerjaan investasi dapat berupa modal sendiri
  - b. Depresiasi yaitu berupa penyusutan yang terjadi pada suatu asset selama umur manfaatnya dikarenakan nilai barang berkurang sejalan dengan pemakaian
  - c. Bunga modal yaitu berupa pendapatan yang diterima oleh pemilik modal
  - d. Manajemen yaitu berupa biaya yang dikeluarkan manajemen untuk mendatangkan peralatan

2. Biaya operasional:

- a. Bahan bakar yaitu biaya penggunaan bahan bakar yang dipakai. Besarnya konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh kapasitas alat, kondisi alat, dan beban kerja alat.
  - b. Oli yaitu biaya penggantian oli secara periodik sesuai dengan jam operasional peralatan maupun periode waktu.
  - c. Minyak hidrolik yaitu biaya penggantian minyak hidrolik secara periodik.
  - d. Operator yaitu biaya jasa pengoperasian peralatan yang dihitung per jam.
3. Biaya pemeliharaan dan perbaikan berupa suku cadang (*spare parts*) yaitu biaya penggantian suku cadang yang berupa *slow moving part* (komponen yang tidak aus) maupun *fast moving part* (komponen mudah aus).

### 2.10.1 Biaya Kepemilikan (*Ownership Cost*) atau Investasi

Menurut (Gransberg, 2015) *ownership cost* merupakan biaya tetap yang dikeluarkan setiap tahun, terlepas apakah peralatan atau unit tersebut dioperasikan atau tidak. Dalam sub bab ini akan dijelaskan hal-hal yang terdapat pada *ownership cost*.

#### 2.10.1.1 *Depreciation* atau Depresiasi

Depresiasi merupakan pengurangan nilai suatu aset karena penggunaan, berlalunya waktu, keausan barang, kerusakan, dan keusangan teknologi (*technological outdated*). Nilai estimasi yang diperoleh kembali pada masa pakai aset yang dapat dirawat (*trade in value or scrap value*), dirujuk sebagai nilai sisa (*residual value*). Nilai tersebut tidak boleh disamakan dengan nilai buku (*book value*), yang merupakan biaya awal dari aset yang kurang terkait akumulasi depresiasi (Rahman, 2013). Terdapat 4 metode dalam menentukan depresiasi, yaitu:

1. Metode garis lurus (*straight line method*) merupakan metode depresiasi dimana bagian yang sama dari jumlah yang dibayarkan untuk suatu aset ditunjukkan sebagai biaya selama setiap periode akuntansi dari umur aset tersebut. Rumus menghitung depresiasi berdasarkan metode ini sebagai berikut:

$$\text{Depreciation expense} = \frac{\text{Product price} - \text{Residual Value}}{\text{Unit life}} \quad (2.6)$$

Catatan : komponen pada *unit life* dapat berbentuk jam, bulan, tahun, dan lain sebagainya.

2. Metode *Units of Production Depreciation* merupakan metode depresiasi yang didasari pada jumlah unit yang digunakan atau diproduksi oleh aset selama periode akuntansi untuk total unit yang diperkirakan akan digunakan atau diproduksi selama umur aset. Rumus menghitung depresiasi pada metode ini sebagai berikut:

$$\text{Depreciation Rate Per Unit} = \frac{\text{Product price} - \text{Residual value}}{\text{Unit life}} \quad (2.7)$$

$$\text{Depreciation Expense} = \text{Depr. Rate per unit} \times \text{Units used} \quad (2.8)$$

3. Metode *Sum of Year's Digits (SYD) Depreciation* merupakan tingkat depresiasi yang dipercepat dengan mengalokasikan depresiasi dalam jumlah yang lebih besar sebagai biaya selama tahun-tahun awal hidup suatu aset. Metode ini menggunakan fraksi pengurangan dikalikan dengan nilai buku (*production price – residual value*) dari aset untuk menentukan jumlah biaya penyusutan untuk setiap periode operasi. Langkah-langkah dalam menentukan nilai depresiasi dengan menggunakan metode ini adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung fraksi pereduksi: pembilang dimulai dengan kehidupan aset dalam beberapa tahun pertama dan menurun sebesar 1 setiap tahun berikutnya. Dominator tetap konstan dan mewakili 100% hidupnya dalam elemen pecahan. Rumus dalam menentukan nilai denominator ini sebagai berikut:

$$\text{The constant domiator} = \frac{n(n+1)}{2} \quad (2.9)$$

Keterangan: n dinyatakan waktu atau tahun

- b. Rumus menghitung depresiasi pada metode SYD adalah sebagai berikut:

$$\text{Depr. Expense} = [\text{SYD fraction} \times (\text{Product price} - \text{Residual value})] \quad (2.10)$$

4. Metode *Double Declining Balance (DDB)* merupakan metode lain dari depresiasi yang dipercepat yang memungkinkan jumlah depresiasi yang lebih besar untuk dibebankan pada tahun-tahun awal kehidupan aset yang dapat terdepresiasi. DDB mengabaikan nilai sisa dalam perhitungan. Metode ini menggunakan presentase DDB dikalikan dengan nilai buku atau *book value* (product price – accumulated depreciation) dalam menentukan jumlah biaya depresiasi untuk setiap periode operasi.

- a. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung prosentase DDB.

$$\text{DDB\%} = \frac{100\%}{\text{life time}} \times 2 \quad (2.11)$$

- b. Rumus menghitung depresiasi dengan DDB sebagai berikut:

$$\text{Depreciation Expense} = \text{DDB\%} \times \text{Book Value} \quad (2.12)$$

$$\text{Book Value} = \text{Product Price} - \text{Accumulated Depreciation}$$

- c. Buku nilai akhir harus lebih besar dari atau sama dengan nilai sisa (*residual value*). Jika nilai buku terakhir untuk periode terakhir kurang dari nilai sisa, nilai biaya penyusutan periode terakhir perlu diubah untuk memastikan bahwa nilai buku terakhir sama dengan nilai sisa.

#### **2.10.1.2      *Resale atau Trade-In Value***

Pada saat penjualan kembali (*resale*), mesin atau unit konstruksi masih memiliki nilai atau *value*. Beberapa pengguna (*user*) berharap bahwa dalam nilai buku (*book value*) akan terdepresiasi sepenuhnya dalam periode depresiasi. Pengguna lain akan berharap bahwa nilai sisa yang dinyatakan sebagai *resale* dan *trade-in value* akan ditinggalkan. Bagi pengguna ini, *resale* dan *trade-in value*

merupakan faktor penting dalam mengurangi modal yang diinvestasikan. Nilai tersebut juga merupakan salah satu faktor yang dipertimbangkan dalam membeli mesin baru. *Trade-in value* ditentukan berdasarkan kebijakan masing-masing perusahaan dalam menilai peralatannya (United Tractors, 2013).

### 2.11.1.3 *Interest Cost, Insurance cost, and Taxes*

Biaya investasi atau bunga (*insterst*) merupakan biaya tahunan (dikonversikan menjadi biaya per jam) dari modal yang diinvestasikan dalam mesin atau peralatan. Jika dana pinjaman digunakan untuk membeli peralatan, bunga yang dipinjamkan dibebankan hanya pada biaya peralatan ini. Namun, jika peralatan dibeli dengan aset perusahaan, suku bunga yang sama dengan tingkat pengembalian investasi perusahaan dibebankan. Oleh karena itu, biaya investasi dihitung sebagai produk dari tingkat bunga dikalikan dengan nilai peralatan, kemudian dikonversi ke dalam biaya jam operasi. Biaya asuransi mewakili biaya kebakaran, pencurian, kecelakaan, dan asuransi kewajiban untuk peralatan. Sedangkan biaya pajak merupakan biaya yang dibebankan pemerintah kepada pemilik mesin atau peralatan. Berikut ini merupakan rumus dalam menghitung biaya *interest* dan *insurance cost* (United Tractors, 2013).

$$int \& ins = \frac{1 - \frac{(n-1)(1-r)}{2n} \times price \ before \ VAT \times (int + ins)}{annual \ use \ in \ hours} \quad (2.13)$$

$$n = \frac{product \ life \ time \ in \ hours}{annual \ use \ in \ hours}$$

Keterangan:

n = economic life time atau umur hidup ekonomis (dalam tahun)

r = trade in value (%)

int = bunga *interest* (%)

ins = bunga *insurance* (%)

VAT merupakan *Value added Tax* atau PPN

### 2.10.2 Biaya Operasional (*Operating Cost*)

Biaya operasional peralatan terdiri dari beberapa biaya yang terkait langsung dengan penggunaan peralatan dan juga jam kerja peralatan (United Tractors, 2013).

Biaya operasional dari peralatan terdiri dari:

1. Biaya bahan bakar yaitu besarnya konsumsi bahan bakar yang diperlukan oleh unit/alat dalam menunjang kegiatan operasinya. Biaya bahan bakar yang dibutuhkan oleh *excavator* adalah sebagai berikut.

$$F = \text{Hourly fuel consumption} \times \text{local unit price} \quad (2.14)$$

Dimana:

F = Biaya *fuel* (liter/jam)

Dalam menentukan *fuel consumption* unit *excavator* KOMATSU dapat dijeaskan melalui tabel berikut.

Tabel 2. 9 Fuel consumption pada hydraulic excavator

Hydraulic Excavator Model	Range					
	Low		Medium		High	
	U.S Gal/hr	litre/hr	U.S Gal/hr	litre/hr	U.S Gal/hr	litre/hr
PC 12R-8, PC 15R-8	0,2 ~ 0,3	0,8 ~ 1,2	0,3 ~ 0,4	1,2 ~ 1,8	0,4 ~ 0,5	1,6 ~ 1,9
PC 20MR-2	0,32 ~ 0,45	1,2 ~ 1,7	0,45 ~ 0,55	1,7 ~ 2,1	0,55 ~ 0,6	2,1 ~ 2,3
PC 27MR-2	0,32 ~ 0,45	1,2 ~ 1,7	0,45 ~ 0,66	1,7 ~ 2,5	0,66 ~ 0,92	2,5 ~ 3,5
PC 30MR-2	0,53 ~ 0,74	2 ~ 2,8	0,74 ~ 0,9	2,8 ~ 3,4	0,9 ~ 1	3,4 ~ 3,9
PC 35MR-2	0,32 ~ 0,45	1,2 ~ 1,7	0,45 ~ 0,7	1,7 ~ 2,6	0,7 ~ 1	2,6 ~ 3,6
PC 45MR-2, PC 50MR-2	0,7 ~ 1,1	2,7 ~ 4,1	1,1 ~ 1,4	4,1 ~ 5,4	1,4 ~ 1,7	5,4 ~ 6,3
PC 78US-6, PC 78MR-6	0,7 ~ 1	2,5 ~ 3,6	1 ~ 1,4	3,6 ~ 5,3	1,4 ~ 2,4	5,3 ~ 8,9
PC 120-6, PC 130-6, PC 130-7	1,1 ~ 1,6	4,3 ~ 6,1	1,6 ~ 2,4	6,1 ~ 9,2	2,4 ~ 4	9,2 ~ 15,3
PC 138US-2	1,1 ~ 1,6	4,3 ~ 6,1	1,6 ~ 2,4	6,1 ~ 9,2	2,4 ~ 4	9,2 ~ 15,3



Tabel 2.9 Fuel consumption pada hydraulic excavator (lanjutan)

Hydraulic Excavator Model	Range					
	Low		Medium		High	
	U.S Gal/hr	litre/hr	U.S Gal/hr	litre/hr	U.S Gal/hr	litre/hr
PC 138USLC-2	1,1 ~ 1,6	4,3 ~ 6,1	1,6 ~ 2,4	6,1 ~ 9,2	2,4 ~ 4	9,2 ~ 15,3
PC 160LC-7, PC 180LC-7	1,3 ~ 1,9	5 ~ 7,2	1,9 ~ 2,9	7,2 ~ 10,8	2,9 ~ 4,8	10,8 ~ 18
PC 200, PC 200LC-7, PC 228US, PC 228USLC-3	1,7 ~ 2,5	6,6 ~ 9,4	2,5 ~ 3,7	9,4 ~ 14,1	3,7 ~ 6,2	14,1 ~ 23,5
PC 210, PC 210LC-7*	1,7 ~ 2,5	6,6 ~ 9,4	2,5 ~ 3,7	9,4 ~ 14,1	3,7 ~ 6,2	14,1 ~ 23,5
PC 220, PC 220LC-7	2,1 ~ 3,5	7,9 ~ 13,3	3,5 ~ 4,9	13,3 ~ 18,7	4,9 ~ 7,1	18,7 ~ 26,9
PC 240LC, PC 240NLC-7	2,1 ~ 3,5	7,9 ~ 13,3	3,5 ~ 4,9	13,3 ~ 18,7	4,9 ~ 7,1	18,7 ~ 26,9
PC 270, PC 270LC, PC 290LC-7	2,2 ~ 3,8	8,5 ~ 14,3	3,8 ~ 5,3	14,3 ~ 20,1	5,3 ~ 7,7	20,1 ~ 29
PC 300, PC 300LC-7, PC 350LC-7, PC 300-8MO, PC 300SE	3 ~ 4,3	11,4 ~ 16,3	4,3 ~ 6,4	16,3 ~ 24,4	6,4 ~ 10,8	24,4 ~ 40,7
PC 400, PC400LC-7, PC 450LC-7	5,1 ~ 6,8	19,3 25,7	6,8 ~ 8,5	25,7 ~ 32,1	8,5 ~ 12,7	32,1 ~ 48,2
PC 600, PC 600LC-7	6,6 ~ 8,8	24,9 33,2	8,8 ~ 11	33,2 ~ 41,5	11 ~ 17,6	41,5 ~ 66,5
PC 750, PC 750LC, PC 750SE-7, PC 800SE, PC 800SE-7	13,9 ~ 18,5	52,5 70,0	18,5 ~ 23,1	70,0 ~ 87,5	23,1 ~ 37	87,5 ~ 140
PC 1250, PC 1250LC, PC 1250SP-7	10,3 ~ 13,8	39,1 52,2	13,8 ~ 17,2	52,2 ~ 65,2	17,2 ~ 27,6	65,2 ~ 104,4
PC 1800-6	14,6 ~ 19,4	55,2 73,6	19,4 ~ 24,3	73,6 ~ 92	24,3 ~ 36,4	92 ~ 138
PW 130SE-6	1,9 ~ 2,6	7,0 10,0	2,6 ~ 3,2	10 ~ 12	3,2 ~ 3,4	12 ~ 14
PW 150SE-6	1,9 ~ 2,7	7,2 10,3	2,7 ~ 3,2	10,3 ~ 12,3	3,2 ~ 3,8	12,3 ~ 14,4
PW 170SE-6	2,1 ~ 3,2	8,0 12,0	3,2 ~ 3,7	12 ~ 14	3,7 ~ 4,2	14 ~ 16
PW 210-1	2,6 ~ 3,7	10,0 14,0	3,7 ~ 4,5	14 ~ 17	4,5 ~ 5,0	17 ~ 19

Sumber: (United Tractors, 2013)

Berdasarkan tabel 2.9, nilai rata-rata *fuel consumption* diberikan dengan ketentuan bahwa kondisi pekerjaan diklasifikasikan ke dalam tiga rentang aplikasi yang berbeda. Jika pengguna memiliki data pada kondisi operasi tertentu, nilai yang lebih akurat dan realistis dapat diperoleh dengan menerapkan data ini dalam kondisi yang sama, asalkan peralatan tersebut terbatas pada jenis yang sama seperti yang digunakan dalam data pengguna.

2. Biaya *lubricants* atau pelumas (*engine, transmission, final drive, dan hydraulic*) yaitu besarnya biaya yang dikeluarkan untuk melakukan penggantian pelumas selama perawatan rutin demi menunjang pengoperasian unit. Biaya pelumas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L = \text{Hourly consumption} \times \text{Local unit price} \quad (2.15)$$

Dimana:

L = Biaya *lubricants* (liter/jam)

Dalam menentukan *lubricants consumption* unit *excavator* KOMATSU dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 10 *Lubricants consumption*

Hydraulic Excavator Model	Application									
	Crank Case		Transmission		Final Drives		Hydraulic		Grease	
	US Gal/hr	Litre/hr	US Gal/hr	Litre/hr	US Gal/hr	Litre/hr	US Gal/hr	Litre/hr	lb	Kg
PC 12R-8, PC 15R-8	0,004	0,015	-	-	0,000 3	0,001	0,002	0,007	0,0 2	0,0 1
PC 18MR-2, PC 20MR-2	0,004	0,015	-	-	0,000 3	0,001	0,004	0,013	0,0 4	0,0 2
PC 27MR-2	0,006	0,021	-	-	0,000 3	0,001	0,004	0,014	0,0 4	0,0 2

Tabel 2. 10 Lubricants consumption (lanjutan)

Hydraulic Excavator Model	Application									
	Crank Case		Transmission		Final Drives		Hydraulic		Grease	
	US Gal/hr	Litre/hr	US Gal/hr	Litre/hr	US Gal/hr	Litre/hr	US Gal/hr	Litre/hr	lb	Kg
PC 30MR-2, PC 35MR-2	0,004	0,015	-	-	0,0006	0,002	0,003	0,01	0,04	0,02
PC 40MR-2, PC 50MR-2	0,004	0,015	-	-	0,0006	0,002	0,003	0,01	0,04	0,02
PC 120-6, PC 128US-2, PC 130-6	0,019	0,07	0,001	0,003	0,0013	0,005	0,005	0,02	0,11	0,05
PC 160LC-7, PC 180LC-7	0,008	0,03	0,0013	0,005	0,0013	0,005	0,008	0,03	0,11	0,05
PC 200, PC 200LC-7, PC 210, PC 210LC-7	0,013	0,05	0,019	0,007	0,0013	0,005	0,008	0,03	0,15	0,07
PC 228US, PC228 LC-3	0,013	0,05	0,019	0,007	0,0013	0,005	0,008	0,03	0,15	0,07
PC 220, PC 220LC-7, PC 240LC-7	0,013	0,05	0,019	0,007	0,0013	0,005	0,008	0,03	0,15	0,07

Tabel 2. 10 Lubricants consumption (lanjutan)

Hydraulic Excavator Model	Application									
	Crank Case		Transmission		Final Drives		Hydraulic		Grease	
	US Gal/hr	Litre /hr	US Gal/hr	Litre /hr	US Gal/hr	Litre /hr	US Gal/hr	Litre/hr	lb	Kg
PC 300, PC 300LC-7, PC 300-8MO, PC 350, PC 350LC-7	0,019	0,07	0,004	0,014	0,003	0,01	0,011	0,04	0,22	0,1
PC 400, PC 400LC-7, PC 450, PC 450LC-7	0,02	0,08	0,007	0,027	0,003	0,013	0,013	0,05	0,26	0,12
PC 600, PC 600LC-7	0,021	0,08	0,007	0,026	0,003	0,01	0,019	0,07	0,35	0,16
PC 750-7, PC 800-7	0,032	0,12	0,013	0,05	0,005	0,02	0,024	0,09	0,35	0,16
PC 1250, PC1250 SP-7	0,032	0,12	0,013	0,05	0,006	0,022	0,037	0,14	0,4	0,18
PC 1800-6	0,08	0,31	0,02	0,074	0,022	0,085	0,02	0,75	0,44	0,2
PW 170-5	0,02	0,074	0,003	0,016	0,006	0,021	0,018	0,068	0,15	0,07
PW 210-1	0,028	0,106	0,003	0,013	0,005	0,018	0,02	0,075	0,18	0,08

Sumber: (United Tractors, 2013)

3. Biaya *grease* (gemuk) yaitu besaran biaya yang dikeluarkan untuk pelumasan pada komponen demi mencegah korosi, masuknya kotoran, dan mencegah kebocoran. Biaya pemakaian *grease* dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$G = \text{Hourly consumption} \times \text{Local unit price} \quad (2.16)$$

Dimana:

$$G = \text{Biaya grease (Kg/jam)}$$

Dalam menentukan *grease* consumption dapat dilihat di tabel 2.10.

#### 4. Biaya pergantian ban (*tires*)

Ban termasuk dalam kategori suku cadang dan umumnya biaya ban sangatlah mahal. Oleh karena itu, lebih baik memasukkan biaya ban sebagai barang individu dalam biaya operasi. Karena harga ban bervariasi di setiap negara atau wilayah maka harga ban yang harus dikeluarkan oleh *user* harus ditetapkan. Berikut ini merupakan rumus dalam menghitung biaya ban.

$$T = \frac{\text{Harga satu set ban}}{\text{Estimated life}} \quad (2.17)$$

Dimana:

$$T = \text{Biaya ban per jam}$$

Dalam menentukan biaya ban pada perhitungan LCC di suatu unit, harus terlihat terlebih dahulu unit yang akan di hitung apakah memiliki ban atau tidak. Apabila unit tersebut tidak memiliki ban seperti halnya *excavator* yang menggunakan *crawler* maka perhitungan biaya ban tidak perlu dimasukkan.

#### 5. Biaya *repair* dan *maintenance*

Komponen atau bagian mesin yang digunakan terkadang sering terjadi kegagalan. Untuk menjaga mesin atau unit dalam kondisi terpelihara dengan baik, komponen atau suku cadang tersebut harus diganti. Biaya perbaikan lebih banyak dipengaruhi oleh kondisi pengoperasian alat berat dibandingkan dengan item biaya lainnya. Hal ini bergantung pada pekerjaan, teknik operasi atau keterampilan operator, pemeliharaan yang tepat yang tepat, dan lain-lain. Dalam aplikasi pekerjaan tertentu,

perhitungan untuk biaya perbaikan harus dilakukan atas dasar akumulasi data di masa lalu. Jika data tersebut tidak tersedia, perhitungan harus dilakukan dengan pertimbangan pengalaman.

#### 6. Biaya atau upah operator

Biaya atau upah operator per jam berbeda-beda dalam setiap negara atau wilayah. Penetapan biaya atau upah tersebut ditentukan berdasarkan kebijakan masing-masing perusahaan.

### 2.12 Kajian Penelitian Terdahulu

Penelitian tugas akhir ini berpedoman pada beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian-penelitian tersebut dijadikan acuan penelitian maupun referensi dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Berikut ini akan dijelaskan secara singkat penelitian-penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan dan referensi.

Tabel 2. 11 Penelitian terdahulu

No	Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Hasil dari penelitian
1	Douglas D. Gransberg	2015	<i>Major Equipment Life Cycle Cost Analysis</i>	Analisa penggunaan <i>ownership cost</i> dan <i>operating cost</i> pada LCC terhadap <i>stochastic modeling</i>
2	Wahyu Prasetyo Nugroho	2015	Analisa biaya pada pemilihan alternatif alat pemeliharaan jalan di BBPJN V Surabaya dengan metode <i>Life Cycle Cost</i>	Mendapatkan 2 alternatif <i>fleet</i> peralatan yaitu <i>Vibrating roller</i> dan <i>baby roller</i> dengan membandingkan metode LCC terhadap metode eksisting
3	Dwi Novi Setiawati dan Andi Maddeppunggeng	2013	Analisis produktivitas alat berat pada proyek pembangunan pabrik Krakatau Posco zone IV di Cilegon	Menentukan nilai produktivitas alat berat pada lokasi penelitian
4	Kelvin Rudy Susanto, Michael Halmar Kosasi, dan Andi	2012	Produktivitas alat berat pada pekerjaan galian gedung P1 P2 Universitas Kristen Petra	Menentukan nilai produktivitas alat berat pada lokasi penelitian

*Tabel 2 11 Penelitian terdahulu (lanjutan)*

No	Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Hasil dari penelitian
5	Irfan Maulana, Akhyar Ibrahim, Darmein	2017	Analisa Kerusakan Komponen <i>undercarriage</i> <i>excavator</i> Hitachi pada PT. Takabeya Perkasa Group dengan Metode FMEA	Memberikan usulan terhadap item kerusakan yang memiliki nilai RPN tertinggi

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



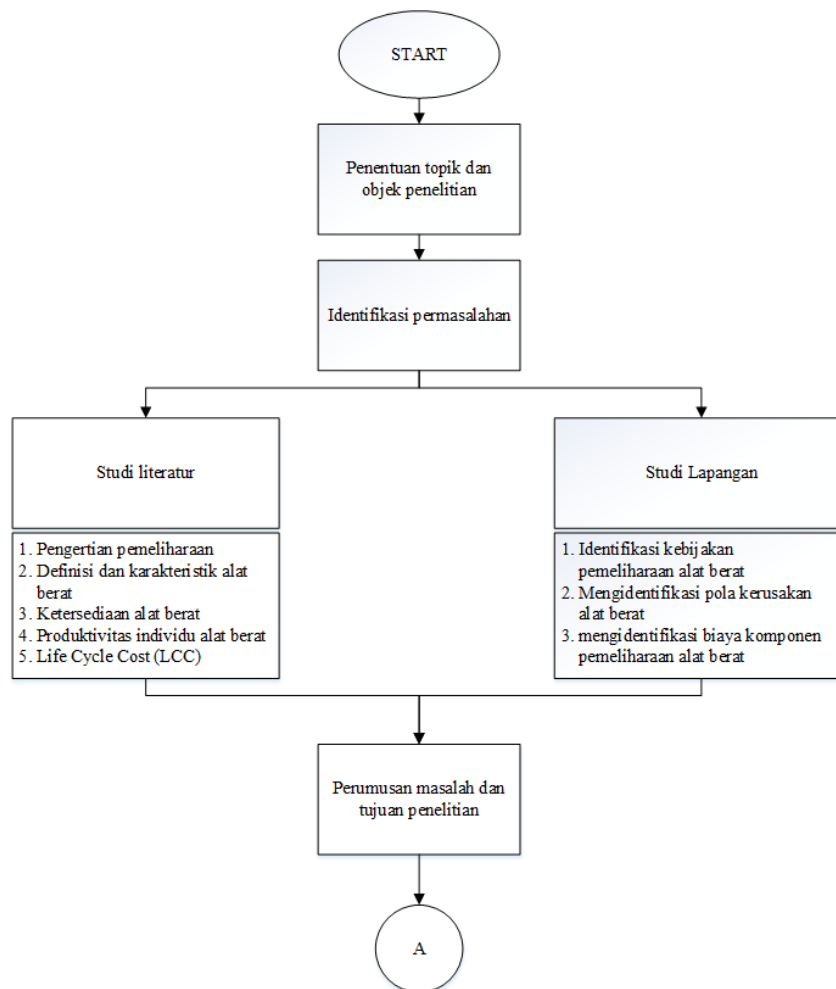
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

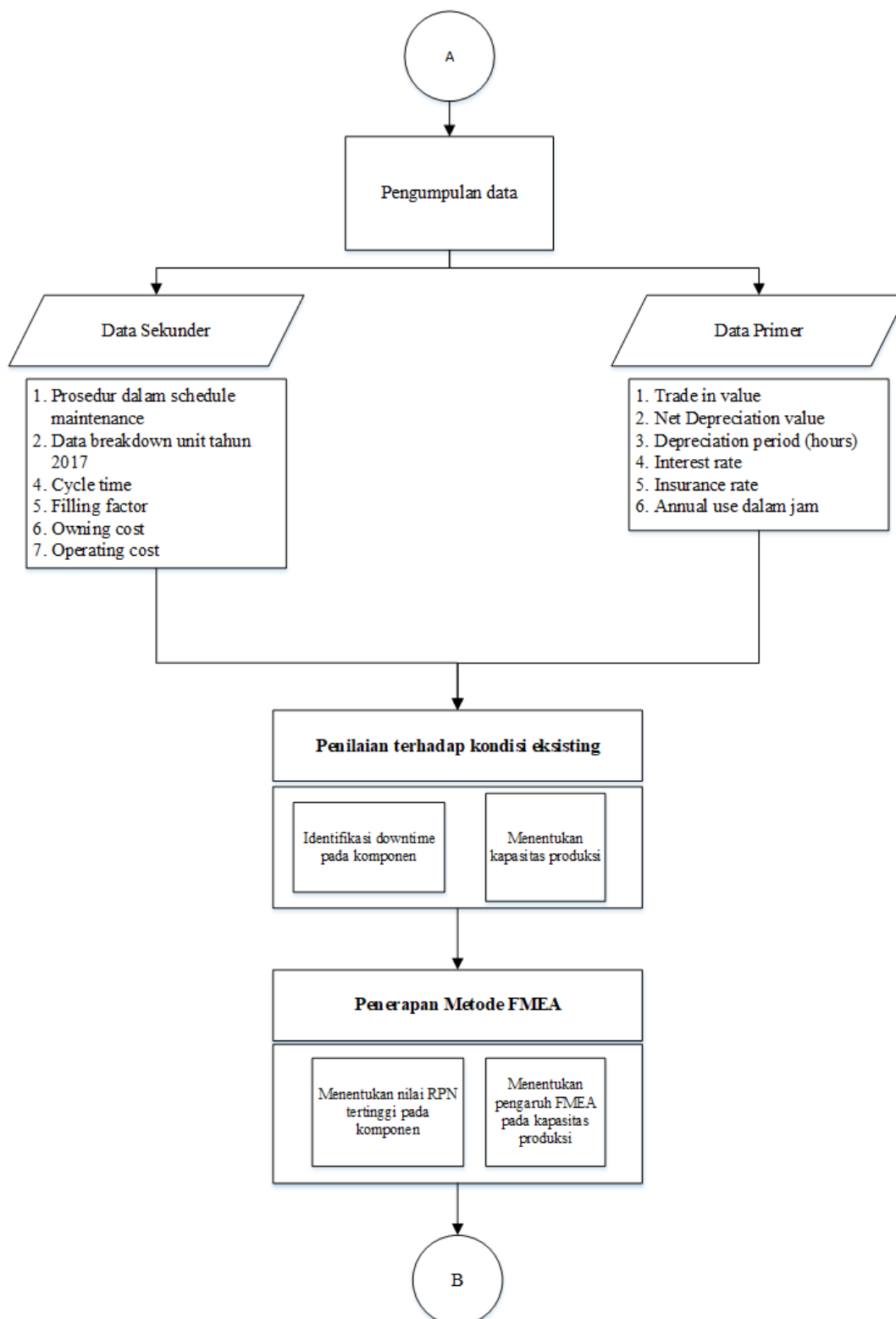
Pada bab berikut ini akan dijelaskan mengenai metodologi penelitian secara rinci.

#### 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

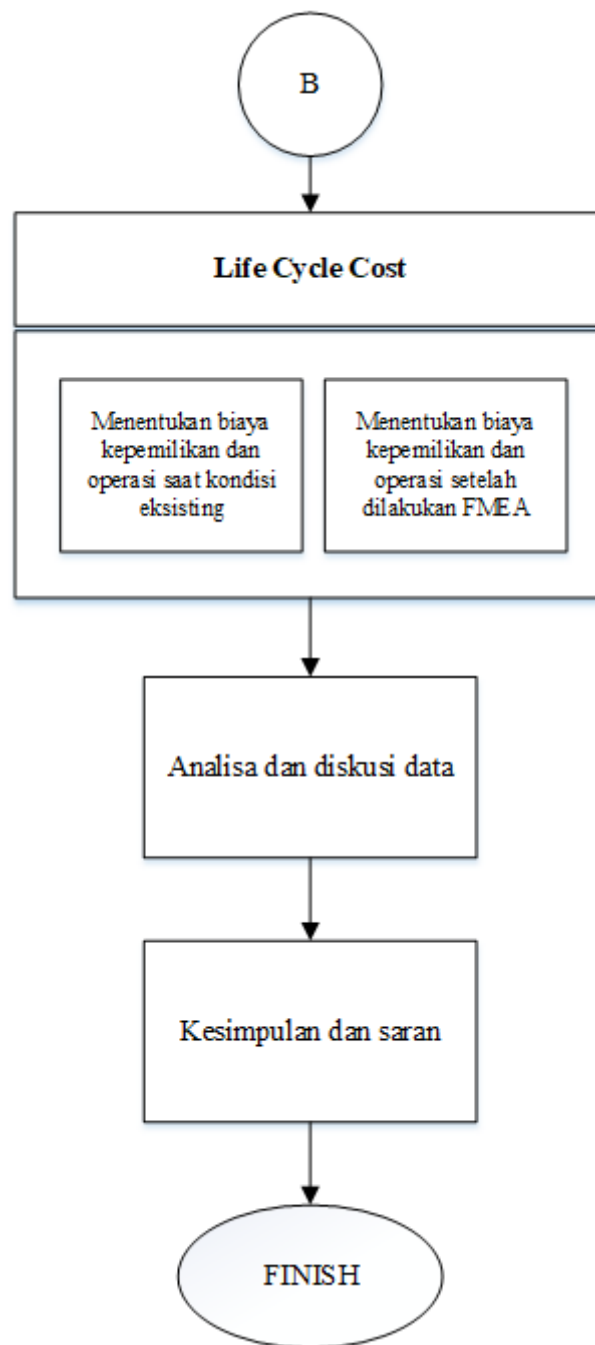
Secara umum, metodologi penelitian ini dibagi menjadi empat tahap yaitu tahap identifikasi dan perumusan masalah, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, dan tahap kesimpulan dan saran. *Flowchart* pengerjaan penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3. 1 *Flowchart* metodologi penelitian



Gambar 3. 1 Flowchart metodologi penelitian (lanjutan)



Gambar 3. 1 Flowchart metodologi penelitian (lanjutan)

### **3.2 Penjelasan Metodologi Penelitian**

Berikut ini merupakan penjelasan mengenai metodologi penelitian yang telah digambarkan oleh *flowchart*.

#### **3.2.1 Penentuan Topik dan Objek Penelitian**

Tahapan awal yang dilakukan penulis adalah menentukan topik dan objek penelitian. Objek amatan dalam penelitian ini adalah sistem pemeliharaan pada *excavator* PC 300-8MO yang berada di PT United Tractors Semen Gresik. Penetapan tujuan, permasalahan dan batasan penelitian akan sangat membantu peneliti untuk fokus pada masalah dan pemecahannya.

#### **3.2.2 Studi Literatur dan Studi Lapangan**

Pada tahap ini akan dilakukan studi mengenai teori-teori yang relevan demi menjawab tujuan dari penelitian ini. Teori-teori tersebut diperoleh dari buku, jurnal, artikel, dan sumber-sumber lainnya. Studi lapangan dilakukan demi menunjang pemahaman mengenai kondisi eksisting pada PT United Tractors Semen Gresik.

#### **3.2.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Data-data yang dibutuhkan untuk mendapatkan variabel biaya peralatan (LCCA) adalah sebagai berikut:

1. Manual operasional peralatan dari ATPM (Agen Tunggal Pemegang Merek), *cycle time*, *fill factor*, *owning cost*, dan *operating cost*.
2. Laporan bulanan penggunaan alat berat yaitu bahan bakar, oli, minyak hidrolik, *grease*, gaji operator, dan gaji mekanik.

Data primer diperoleh dari wawancara terhadap *stakeholder*. Data-data tersebut antara lain *Net depreciation value*, *depreciation period*, umur ekonomis alat berat, *interest rate*, dan *insurance rate*.

#### **3.2.4 Analisis dan Diskusi Data**

Pada tahap ini penulis mencoba mengevaluasi manajemen pemeliharaan dengan menggunakan metode FMEA. Dari hasil penerapan metode tersebut, penulis mencoba melakukan estimasi biaya kepemilikan dan operasi dengan menggunakan metode LCC. Harapannya, pada akhir penelitian ini metode alternatif yang diajukan dapat memberikan respon positif dan diterima oleh perusahaan.

### **3.2.5 Kesimpulan dan Saran**

Pada tahap ini diperoleh kesimpulan dari analisis yang telah ditentukan. Selain itu, dari hasil penelitian ini akan diberikan saran untuk menunjang penelitian selanjutnya.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai data-data yang digunakan pada penelitian tugas akhir dan bagaimana data-data tersebut diolah untuk mencapai tujuan penelitian.

#### **4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian**

PT United Tractors Semen Gresik atau PT UTSG merupakan perusahaan jasa pertambangan yang berlokasi di Desa Sumberarum Kecamatan Kerek Kabupaten Tuban, Jawa timur. PT UTSG terbentuk pada tahun 1992 yang semula bernama PT Usaha Tambang Selo Giri. PT UTSG merupakan perusahaan yang bersifat *joint venture* atau perusahaan patungan dengan kepemilikan saham mayoritas adalah PT Semen Indonesia sebesar 55% dan PT United Tractors sebesar 45%. Bidang usaha yang dimiliki perusahaan ini adalah:

1. Jasa pertambangan terbuka (*open pit mining*)
2. Jasa perawatan alat berat
3. Perdagangan hasil tambang (non minyak bumi)

Saat ini PT UTSG sedang mengembangkan sayap bisnisnya di berbagai daerah di Indonesia antara lain Semen Tonasa, tambang batu bara di Melak Kalimantan Timur, tambang batu kapur di Sale Rembang Jawa Tengah, Semen Batu Raja di Sumatera dan lain sebagainya.

#### **4.2 Deskripsi Produk Amatan**

Komatsu PC 300-8MO merupakan sebuah excavator yang memiliki desain holistik dan terpadu dengan sejumlah standar pabrik yang terpasang demi memenuhi kebutuhan industri. Alat ini menggabungkan kualitas dan kinerja *dash 8* dengan teknologi penghematan bahan bakar terbaru untuk meningkatkan efisiensi terhadap bahan bakar. *Excavator* kelas 30+ ton ini merupakan produk dengan teknologi terbaru, memiliki desain ergonomis, dan kaya akan fitur. Alat ini cocok digunakan dalam pekerjaan konstruksi besar yang membutuhkan daya *heavy lift* yang kuat, rentang kerja yang luas dan produktivitas yang tinggi. (Komatsu, 2017).

Untuk memahami mengenai spesifikasi dan fitur apa saja yang ditawarkan oleh produk ini dapat dilihat secara lengkap pada lampiran 1.

### Excavators - PC300-8MO



Gambar 4. 1 Excavator PC 300-8MO

Sumber: (Komatsu, 2017)

#### 4.3 Deskripsi Kondisi Eksisting Perusahaan

PT UTSG merupakan sebuah perusahaan yang mengoperasikan alat berat dalam jumlah banyak. Salah satu alat berat yang cukup banyak ditemukan di lapangan adalah *excavator* PC 300-8MO. Dalam pengoperasiannya, perusahaan selalu memperhatikan jadwal pemeliharaan atau *service* dengan teliti. Prosedur pemeliharaan produk ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 4. 1 Proses *schedule maintenance* pada excavator PC 300 - 8MO

Proses <i>Schedule Maintenance</i> PC 300 - 8MO
<b>Pemeliharaan 1000 jam pertama</b>
Mengecek <i>engine valve clearance</i>
<b>Bila diperlukan</b>
Mengecek, bersihkan dan ganti <i>air clearance element</i>
Membersihkan bagian dalam sistem pendinginan
Mengecek dan kencangkan <i>track shoe bolt</i>
Mengecek dan setel tegangan <i>track</i>
Mengganti <i>bucket teeth</i> (tipe pin vertikal)
Mengganti <i>bucket teeth</i> (tipe pin horizontal)
Setel <i>clearence bucket</i>



Tabel 4. 1 Proses schedule maintenance pada excavator PC 300 - 8MO (lanjutan)

Proses Schedule Maintenance PC 300 - 8MO
<b>Bila diperlukan</b>
Mengecek dan manambah cairan pencuci jendela
Mengecek <i>air conditioner</i> (A/C)
Mencuci rantai yang bisa dicuci
Mengecek gas <i>spring</i>
Membuang angin dari sistem hidrolik
Inspeksi <i>water separator</i> tambahan dan membersihkan bagian dalam casing
<b>Pengecekan sebelum engine start</b>
<b>Pemeliharaan tiap 50 jam</b>
Melumasi ( <i>lubricating</i> ) komponen
<b>Pemeliharaan tiap 100 jam</b>
Melumasi ( <i>lubricating</i> ) komponen
<b>Pemeliharaan tiap 250 jam</b>
Melumasi <i>swing circle</i>
Mengecek permukaan elektrolit pada <i>battery</i>
Mengecek tegangan pada <i>compressor belt</i> A/C
<b>Pemeliharaan tiap 500 jam</b>
Mengganti <i>fuel pre-filter cartridge</i>
Mengecek permukaan <i>grease swing pinion</i> (tambah <i>grease</i> bila diperlukan)
Mengecek permukaan minyak didalam <i>swing machinery case</i> (tambah minyak bila diperlukan)
Mengecek permukaan minyak <i>final drive case</i> (tambah minyak bila diperlukan)
Mengecek minyak didalam <i>engine oil pan</i> dan mengganti <i>engine oil filter cartridge</i>
Membersihkan & menginspeksi <i>radiator fin</i> , <i>oil cooler fin</i> , <i>after cooler fin</i> , dan <i>condensor fin</i>
Membersihkan <i>air conditioner pressure/recirculating filter</i>
Mengganti <i>breather element</i> didalam tangki hidrolik
Mengganti <i>breather element</i> tambahan didalam tangki hidrolik
<b>Pemeliharaan tiap 1000 jam</b>
Mengganti <i>fuel main filter cartridge</i>
Mengganti <i>filter element</i> minyak hidrolik
Mengganti minyak dalam <i>swing machinery case</i>
Mengecek permukaan minyak didalam <i>dumper case</i> (tambah minyak bila diperlukan)
Mengecek semua titik pengencangan <i>engine exhaust pipe clamps</i>
Mengecek tegangan <i>fan belt</i> dan <i>alternator drive belt</i> (lakukan pergantian <i>belt</i> bila dibutuhkan)
Mengecek tekanan <i>nitrogen gascharge</i> didalam <i>accumulator</i> (untuk <i>breaker</i> )
Mengganti <i>corrosion resistor cartridge</i>
<b>Pemeliharaan tiap 2000 jam</b>
Mengganti minyak didalam <i>final drive chase</i>
Membersihkan <i>strainer</i> tangki hidrolik
Mengecek tekanan <i>charge nitrogen gass</i> didalam <i>accumulator</i> (untuk <i>circuit control</i> )
Mengecek dan setel <i>engine valve clearance</i>
Mengecek <i>vibration damper</i>

Tabel 4. 1 Proses schedule maintenance pada excavator PC 300 - 8MO (lanjutan)

<b>Proses Schedule Maintenance PC 300 - 8MO</b>	
<b>Pemeliharaan tiap 4000 jam</b>	
Mengecek <i>water pump</i>	
Mengecek <i>motor starter</i>	
Mengganti <i>accumulator</i> (untuk <i>circuit control</i> )	
Mengecek <i>clamp</i> pipa tekanan tinggi yang kendur (dibarengi penggantian karet yang mengeras)	
Mengecek <i>fuel spray prevention cap</i> (dibarengi penggantian karet yang mengeras)	
<b>Pemeliharaan tiap 5000 jam</b>	
Mengganti minyak didalam tangki hidrolis	
<b>Pemeliharaan tiap 8000 jam</b>	
Mengganti <i>clamp</i> pipa tekanan tinggi	
Mengganti <i>fuel spray prevention cap</i>	

Berikut ini merupakan data *schedule maintenance excavator PC 300-8MO* selama tahun 2017.

Tabel 4. 2 Data schedule maintenance pada tahun 2017

<b>Report Date</b>	<b>Activity</b>	<b>Description</b>	<b>Action taken</b>
23-Jan-17	<i>Scheduled maintenance</i>	PS. 1750 HM, cuci unit, remove & ganti part SVC	Remove dan ganti part SVC
07-Feb-17	<i>Scheduled maintenance</i>	PS. 2000 HM Remove & ganti part SVC	Replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil PTO , oil hydraulic , oil filter , pre filter , fuel filter , element hydraulic , air cleaner , greasing
10-Apr-17	<i>Scheduled maintenance</i>	PS 1000 HM	Replace oil engine oil , oil swing , oil PTO , oil final drive, oil filter , fuel filter , hydraulic element filter , pre filter , air cleaner , greasing
24-Apr-17	<i>Scheduled maintenance</i>	PS 1250 HM	Replace oil engine , oil filter , greasing
10-May-17	<i>Scheduled maintenance</i>	PS 1500 HM	Replace oil engine , oil filter , fuel filter , pre filter, greasing
25-May-17	<i>Scheduled maintenance</i>	PS 1750 HM	Replace oil engine , oil filter , grease
13-Jun-17	<i>Scheduled maintenance</i>	PS 2000 HM	Replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil PTO , oil hydraulic , oil filter , pre filter , fuel filter , element hydraulic , air cleaner , greasing
29-Jun-17	<i>Scheduled maintenance</i>	PS 2250 HM	Replace oil engine , oil filter , greasing

Tabel 4.2 Data schedule maintenance pada tahun 2017 (lanjutan)

Report Date	Activity	Description	Action taken
14-Aug-17	Scheduled maintenance	PS 3000 HM	Replace oil engine , oil final drive , oil swing , oil PTO, oil filter , fuel filter , pre filter , air cleaner , element hydraulic , greasing
25-Aug-17	Scheduled maintenance	Backlog	Replace v belt pn 6743-62-3710
04-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 3250 HM	Replace oil engine , oil filter , greasing
05-Sep-17	Scheduled maintenance	Backlog	Replace o ring piping line bucket
06-Sep-17	Scheduled maintenance	Backlog	Replace v belt 1 set , o ring
06-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 1500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter, rakor , greasing , replace hose delivery line arm , install track shoe RH 1-EA
06-Sep-17	Scheduled maintenance	Backlog	Replace hose att , o ring , install shoe 1-EA
08-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 4000 HM	Replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil PTO , Oil hydraulic , oil filter , pre filter , fuel filter , element hydraulic , air cleaner , rakor , greasing
13-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 3500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter , fuel filter , greasing
19-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter , fuel filter , rakor , greasing
20-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 1750 HM	Replace oil filter , pre filter , greasing
20-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 3500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter , fuel filter , rakor , greasing
20-Sep-17	Scheduled maintenance	Backlog	Replace o ring block pump
21-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 4000 HM	Washing , replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil PTO , oil hydraulic , oil filter , pre filter , fuel filter , hydraulic filter , rakor , air cleaner , greasing
21-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 1500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter , fuel filter , rakor , greasing
26-Sep-17	Scheduled maintenance	Backlog	Replace turbo new , replace hose att line lokal , replace hose travel motor lokal
27-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 1750 HM	Replace oil engine , oil filetr , rakor , greasing
29-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 2500 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , greasing
02-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 3750 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter , greasing
04-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 2750 HM	Replace oil engine , oil filter , greasing
12-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 250 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , greasing

Tabel 4.2 Data schedule maintenance pada tahun 2017 (lanjutan)

Report Date	Activity	Description	Action taken
12-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 750 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , greasing
17-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 2000 HM	Replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil PTO , oil hydraulic , oil filter , Pre filter , fuel filter , element hydraulic , air cleaner , greasing
17-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 1750 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , greasing
17-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 4000 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filetr , fuel filter , greasing
20-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 2000 HM	Replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil pto , oil hydrolic , oil filetr , fuel filetr , element hydrolic , air cleaner , rakor , greasing
20-Oct-17	Scheduled maintenance	Backlog	Repair
22-Oct-17	Scheduled maintenance	Backlog	Replace part sesuai temuan PI , cannibal hydraulic pump dari unit 10130013 (Exs reseal By UT-SBY) , cleaning hydraulic tank
26-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 4000 HM	Replace oil engine , oil swing ,oil pto , oil final drive ,oil hydrolic , oil filter , pre filetr , fuel filter , element hydrolic , air cleaner , greasing
01-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 1000 HM	Replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil PTO , oil filter , fuel filter , pre filetr , element hydrolic , air cleaner , rakor , greasing , replace idler LH
02-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter , fuel filter , rakor , greasing
02-Nov-17	Scheduled maintenance	Backlog	Replace part backlog , replace hydraulic pump (canibal unit B2130001)
03-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 250 HM	Replace oil engine , oil filter , greasing
03-Nov-17	Scheduled maintenance	Backlog	Replace line bucket , replace hose return hydraulic tank , fabrikasi engine hoot , replace hose arm
06-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 250 HM	Replace oil engne , oil filetr , pre filetr , greasing
13-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 2000 HM	Replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil PTO , oil hydraulic ,oil filter , pre filter ,fuel filter , element hydraulic , rakor , air cleaner , greasing
15-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filetr , fuel filter , greasing , wellding boom

Tabel 4.2 Data schedule maintenance pada tahun 2017 (lanjutan)

Report Date	Activity	Description	Action taken
17-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 750 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , greasing
21-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 2000 HM	Replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil PTO , oil hydraulic , oil filter , pre filter , fuel filter , element hydraulic , air cleaner , rakor , greasing
22-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter , fuel filter , rakor , greasing
29-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 3250 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , greasing
30-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 750 HM	Replace oil engine , oil filter , greasing
30-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 1250 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , greasing
07-Dec-17	Scheduled maintenance	PS 750 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , greasing
13-Dec-17	Scheduled maintenance	PS 1000 HM	Replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil PTO , oil filter , pre filter , fuel filter , element hydraulic , air cleaner , greasing
19-Dec-17	Scheduled maintenance	PS 2500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter , fuel filter , greasing
22-Dec-17	Scheduled maintenance	PS 1500 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , pre filter , fuel filter , greasing
22-Dec-17	Scheduled maintenance	PS 2500 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , pre filter , fuel filter , greasing
28-Dec-17	Scheduled maintenance	PS 1250 HM	Replace oil engine , oil filter , greasing
08-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 4000 HM	Replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil PTO , Oil hydraulic , oil filter , pre filter , fuel filter , element hydraulic , air cleaner , rakor , greasing
13-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 3500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter , fuel filter , greasing
19-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter , fuel filter , rakor , greasing
20-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 1750 HM	Replace oil filter , pre filter , greasing
20-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 3500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter , fuel filter , rakor , greasing
20-Sep-17	Scheduled maintenance	Backlog	Replace o ring block pump
21-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 4000 HM	Washing , replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil PTO , oil hydraulic , oil filter , pre filter , fuel filter , hydraulic filter , rakor , air cleaner , greasing

Tabel 4.2 Data schedule maintenance pada tahun 2017 (lanjutan)

Report Date	Activity	Description	Action taken
21-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 1500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter , fuel filter , rakor , greasing
26-Sep-17	Scheduled maintenance	Backlog	Replace turbo new , replace hose att line lokal , replace hose travel motor lokal
27-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 1750 HM	Replace oil engine , oil filetr , rakor , greasing
29-Sep-17	Scheduled maintenance	PS 2500 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , greasing
02-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 3750 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter , greasing
04-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 2750 HM	Replace oil engine , oil filter , greasing
12-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 250 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , greasing
12-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 750 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , greasing
17-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 2000 HM	Replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil PTO , oil hydraulic , oil filter , Pre filter , fuel filter , element hydraulic , air cleaner , greasing
17-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 1750 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , greasing
17-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 4000 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filetr , fuel filter , greasing
20-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 2000 HM	Replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil pto , oil hydrolic , oil filetr , fuel filetr , element hydrolic , air cleaner , rakor , greasing
20-Oct-17	Scheduled maintenance	Backlog	Repair
22-Oct-17	Scheduled maintenance	Backlog	Replace part sesuai temuan PI , cannibal hydraulic pump dari unit 10130013 (Exs reseal By UT-SBY) , cleaning hydraulic tank
26-Oct-17	Scheduled maintenance	PS 4000 HM	Replace oil engine , oil swing ,oil pto , oil final drive ,oil hydrolic , oil filter , pre filetr , fuel filter , element hydrolic , air cleaner , greasing
01-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 1000 HM	Replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil PTO , oil filter , fuel filter , pre filetr , element hydrolic , air cleaner , rakor , greasing , replace idler LH
02-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter , fuel filter , rakor , greasing

Tabel 4.2 Data schedule maintenance pada tahun 2017 (lanjutan)

Report Date	Activity	Description	Action taken
02-Nov-17	Scheduled maintenance	Backlog	Replace part backlog , replace hydraulic pump (canibal unit B2130001)
03-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 250 HM	Replace oil engine , oil filter , greasing
03-Nov-17	Scheduled maintenance	Backlog	Replace line bucket , replace hose return hydraulic tank , fabrikasi engine hoot , replace hose arm
06-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 250 HM	Replace oil engne , oil filetr , pre filetr , greasing
13-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 2000 HM	Replace oil engine, oil swing , oil final drive, oil PTO, oil hydraulic ,oil filter , pre filter ,fuel filter , element hydraulic, rakor , air cleaner , greasing
15-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filetr , fuel filter , greasing , wellding boom
17-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 750 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor, greasing
21-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 2000 HM	Replace oil engine , oil swing , oil fiinal drive , oil PTO , oil hydraulic , oil filter , pre filter , fuel filter , element hydraulic , air cleaner , rakor , greasing
22-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 500 HM	Replace oil engine , oil filetr , pre filter , fuel filter , rakor , greasing
29-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 3250 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , greasing
30-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 750 HM	Replace oil engine , oil filter , greasing
30-Nov-17	Scheduled maintenance	PS 1250 HM	Replace oil engine , oil filetr , rakor , greasing
07-Dec-17	Scheduled maintenance	PS 750 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , greasing
13-Dec-17	Scheduled maintenance	PS 1000 HM	Replace oil engine , oil swing , oil final drive , oil PTO ,oil filter , pre filter , fuel filter , element hydraulic , air cleaner , greasing
19-Dec-17	Scheduled maintenance	PS 2500 HM	Replace oil engine , oil filter , pre filter , fuel filter , greasing
22-Dec-17	Scheduled maintenance	PS 1500 HM	Replace oil engine ,oil filter , rakor , pre filter , fuel filter , greasing
22-Dec-17	Scheduled maintenance	PS 2500 HM	Replace oil engine , oil filter , rakor , pre filter , fuel filter , greasing
28-Dec-17	Scheduled maintenance	PS 1250 HM	Replace oil engine , oil filter , greasing



Periode *schedule maintenance* yang dilakukan perusahaan terhadap *excavator* tidak menjamin unit tersebut terhindar dari berbagai kerusakan yang timbul akibat hal-hal yang tidak terduga. Terdapat banyak *breakdown* yang ditemukan selama kurun waktu satu tahun (Januari 2017 – Desember 2017). *Breakdown* tersebut menyebabkan terganggunya operasi unit. Data-data *breakdown* tersebut dapat dilihat secara lengkap pada lampiran 2. Total *downtime* yang dimiliki perusahaan selama periode tahun 2017 adalah sebesar 669,16 jam. Untuk lebih mudah memahami komponen apa saja yang mengalami *downtime* yang disebabkan oleh *breakdown* dapat ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4. 3 Jumlah downtime tiap komponen excavator

No	Komponen	Jumlah Downtime dalam Satu Tahun (hours)
1	<i>Cabin</i>	1,5
2	<i>Chasis</i>	1,75
3	<i>Electrical</i>	214,42
4	<i>Engine</i>	278,57
5	<i>Hydraulics</i>	172,25
6	<i>Undercarriage</i>	0,67
<b>Total</b>		<b>669,16</b>

Sumber: Penulis

Jika dilihat dari tabel 4.3, waktu downtime yang terjadi akibat adanya kerusakan pada cabin berjumlah 1,5 jam lalu komponen chasis berjumlah 1,75 jam. Tiga komponen yang memiliki jumlah waktu *downtime* terbesar adalah komponen *hydraulic* dengan jumlah 172,25 jam, lalu komponen *electrical* dengan jumlah 214,42 jam dan yang terakhir adalah komponen *engine* dengan jumlah 278,57 jam. Komponen *undercarriage* adalah komponen dengan jumlah terkecil selama periode tahun 2017 dengan jumlah waktu *downtime* 0,67 jam. Berdasarkan data dari tabel tersebut, penulis menetapkan 3 komponen kritis yang nantinya akan dianalisis lebih lanjut dengan penerapan metode FMEA. Tiga komponen tersebut yaitu *electrical*, *engine*, dan *hydraulics*. Komponen-komponen tersebut dikatakan kritis dikarenakan memiliki jumlah *downtime* yang sangat tinggi dalam periode satu tahun operasi. Sedangkan untuk komponen lainnya seperti *cabin*, *chasis*, dan



*undercarriage* tidak dipilih dikarenakan memiliki jumlah *downtime* yang sangat kecil dalam periode satu tahun.

#### 4.4 Laju produksi PC 300-8MO pada Kondisi Eksisting

Pada Sub bab ini akan dijelaskan perhitungan faktor pengisian *bucket* (*filling factor*), waktu siklus, dan laju produksi di kondisi eksisting.

##### 4.4.1 Waktu siklus (*cycle time*)

Dalam menghitung waktu siklus perlu diketahui mengenai waktu gali atau waktu muat *bucket*, waktu swing, dan waktu buang *bucket*. Hal-hal tersebut merupakan data yang diperlukan dalam menghitung waktu siklus sebuah *excavator*. Pada kondisi eksisting diketahui bahwa waktu gali ( $t_1$ ) adalah 13 detik, lalu waktu swing ( $t_2$ ) adalah 7 detik, dan waktu buang ( $t_3$ ) adalah 9 detik. Dengan data-data tersebut dapat dihitung waktu siklusnya sebagai berikut.

$$Ct = t_1 + (2 \times t_2) + t_3$$

$$Ct = 13 + (2 \times 7) + 9$$

$$Ct = 36 \text{ detik}$$

Setelah dilakukan perhitungan maka diketahui bahwa waktu siklus *excavator* adalah 36 detik.

##### 4.4.2 Faktor Pengisian Bucket (*fill factor*)

Setelah menghitung waktu siklus, langkah selanjutnya adalah menghitung faktor pengisian *bucket*. PC 300-8MO memiliki kapasitas *standard bucket* sebesar 2,3 m<sup>3</sup> dimana pemakaian optimum diperoleh pada penanganan material tanah liat (*clay*) dengan material density per 1 m<sup>3</sup> = 1,3 ton. Dengan demikian, *standard bucket* optimum dapat menampung material 2,99 ton atau setara dengan 3 ton. Penggunaan *standard bucket* pada jenis material lain dapat dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 4. 4 Spesifikasi *standard bucket* PC 300-8MO

<b>PC 300-8MO Bucket Specifications</b>	Kapasitas <i>bucket</i> adalah 2,3 m <sup>3</sup> pemakaian optimal pada pekerjaan tanah liat ( <i>clay</i> ) dengan material density 1m <sup>3</sup> = 1,3 ton
---	---

Sumber: (Komatsu, 2017)

Tabel 4. 5 Perbandingan material density terhadap spesifikasi standard

Jenis Material	Material Density per 1m <sup>3</sup>
Nikel	0,9 ton
Batu bara ( <i>batu bara</i> )	1 ton
Tanah liat ( <i>clay</i> )	1,3 ton
Pasir	1,5 ton
Batu kapur ( <i>limestone</i> )	2 ton
Kerikil ( <i>gravel</i> )	2,3 ton

Sumber: (United Tractors, 2013)

Diketahui bahwa volume standard *bucket* ( $V_s$ ) adalah 2,3 m<sup>3</sup> dan volume *real bucket* adalah 1,5 m<sup>3</sup> dengan jenis pekerjaan penggalian *limestone*. Perhitungan faktor pengisian bucket adalah sebagai berikut.

$$Ff = \frac{V_r}{V_s} \times 100\%$$

$$Ff = \frac{1,5}{2,3} \times 100\%$$

$$Ff = 0,65 \times 100\%$$

$$Ff = 65\%$$

Setelah dilakukan perhitungan, maka diperoleh bahwa faktor pengisian bucket sebesar 0,65 atau 65%.

#### 4.4.3 Faktor Koreksi

Sebelum melakukan perhitungan kondisi eksisting perlu menentukan faktor koreksi pada *excavator*. Faktor-faktor tersebut antara lain

- Faktor kondisi ketersediaan mekanis (MA)

Diketahui bahwa waktu kerja ( $W_k$ ) alat selama satu tahun periode adalah 6000 jam dan berdasarkan data pada tabel 4.3 diperoleh total waktu kerusakan ( $W_r$ ) yang terjadi selama periode tahun 2017 adalah 669,16 jam. Dengan data-data tersebut dapat dihitung faktor kondisi ketersediaan mekanis sebagai berikut

$$MA = \frac{W_k}{W_k + W_r} \times 100\%$$

$$MA = \frac{6000}{6000 + 669,16} \times 100\%$$

$$MA = 0,89 \times 100\%$$

$$MA = 89\%$$

b. Faktor kondisi Pekerjaan dan tata laksana

Berdasarkan pengamatan dan diskusi yang dilakukan penulis dilapangan, faktor kondisi pekerjaan dan tata laksana adalah sedang dengan nilai faktor 0,65 (lihat tabel 2.3).

c. Faktor swing dan kedalaman galian

Berdasarkan data spesifikasi yang ditampilkan pada lampiran 1, dapat diketahui bahwa kedalaman gali maksimum PC 300-8MO adalah 6,4 m atau 20,48 feet. Ukuran bucket yang dipakai dalam operasi adalah sebesar 1,5 m<sup>3</sup> atau 1,95 yd<sup>3</sup> dari kapasitas *standard bucket*. Dari data-data tersebut maka dapat ditentukan faktor swing dan kedalaman galian. Berdasarkan tabel 2.2 maka, dengan jenis material *limestone* yang berada dalam kategori material keras serta ukuran bucket yang hampir mencapai 2 yd<sup>3</sup>, maka kedalaman galian optimumnya adalah 12,2 yd<sup>3</sup>. Dari data tersebut maka dapat diketahui kedalaman optimum pemotongan yang akan dijelaskan sebagai berikut

$$Kedalaman\ optimum\ pemotongan = \frac{12,2}{20,4} \times 100\%$$

$$Kedalaman\ optimum\ pemotongan = 59,8\%$$

Diperoleh kedalaman optimum bernilai 59,8% atau hampir mendekati angka 60%. Dari hasil diskusi dilapangan dapat diketahui bahwa sudut optimum pada saat operasi penggalian adalah 60°. Dari data-data yang telah diperoleh maka, berdasarkan tabel 2.1 dengan kedalaman optimum 60% serta sudut swing 60° maka nilai faktor swing dan kedalaman galian adalah 1,03.

d. Faktor Pengisian *Bucket* Terhadap Material

Berdasarkan hasil diskusi yang diperoleh, pengoperasian uni PC 300-8MO yang digunakan dalam penanganan material *limestone* memiliki nilai faktor 0,75. Nilai tersebut didapat berdasarkan kategori material *limestone* yaitu batu pecahan baik (lihat tabel 2.4). Dari data-data yang telah diperoleh dan dihitung, maka nilai faktor koreksi adalah sebagai berikut

$$Faktor\ koreksi = 0,89 \times 0,65 \times 1,03 \times 0,75$$

$$Faktor\ koreksi = 0,45$$

Setelah faktor koreksi telah diperoleh maka laju produksi pada kondisi eksisting dapat dihitung. Perhitungan laju produksi adalah sebagai berikut

$$Q = \frac{3600}{Ct} \times q \times Ff \times Fk$$

$$Q = \frac{3600}{36} \times 1,5 \times 0,65 \times 0,45$$

$$Q = 43,8 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Laju produksi pada kondisi eksisting yang dihasilkan oleh *excavator* PC 300-8MO sebesar 43,8 m<sup>3</sup>.

#### 4.5 Estimasi Total Cost Ownership dengan Penerapan Metode LCC pada Kondisi Eksisting

Berikut ini merupakan perhitungan total biaya kepemilikan dan operasi yang akan dijelaskan melalui tabel dibawah ini.

Tabel 4. 6 Estimasi biaya kepemilikan dan operasi

Estimasi Biaya Kepemilikan dan Operasi			
Model unit	:	<i>Hydraulic excavator</i> PC 300-8MO	
<i>Attachment</i>	:	<i>Standard bucket</i> 2,3 m <sup>3</sup>	
Harga unit (sebelum PPN)	:	Rp	
	:	3.240.470.000,00	
<i>Trade in Value</i>	30%	Rp	
	:	972.141.000,00	
<i>Net Depreciation Value</i>	:	Rp	
	:	2.268.329.000,00	

Tabel 4.6 Estimasi biaya kepemilikan dan operasi (lanjutan)

Estimasi Biaya Kepemilikan dan Operasi						
Biaya Kepemilikan						
a. Depresiasi	Rp	189.027	×	6000	jam	Rp 1.134.162.000
b. Bunga dan asuransi	Rp	40.100	×	6000	jam	Rp 240.600.000
<b>Total Biaya Kepemilikan</b>						<b>Rp 1.374.762.000</b>
Biaya Operasi						
a. Bahan bakar	Rp	353.800	×	6000	jam	Rp 2.122.800.000
b. Oli mesin	Rp	2.625	×	6000	jam	Rp 15.750.000
c. Oli transmisi	Rp	319	×	6000	jam	Rp 1.911.000
d. Oli <i>final drive</i>	Rp	228	×	6000	jam	Rp 1.365.000
e. Oli <i>hydraulic</i>	Rp	810	×	6000	jam	Rp 4.860.000
f. Grease	Rp	850	×	6000	jam	Rp 5.100.000
h. Biaya <i>repair</i> dan <i>maintenance</i>	Rp	40.000	×	669,16	jam	Rp 26.766.400
i. Upah <i>operator</i>	Rp	28.178	×	6000	jam	Rp 169.068.000
<b>Total biaya operasi</b>						<b>Rp 2.347.620.400</b>
<b>Total biaya Kepemilikan dan Operasi</b>						<b>Rp 3.722.382.400</b>

Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh tersebut maka dapat diketahui bahwa total biaya kepemilikan dan operasi unit selama 1 tahun (Januari 2017 – Desember 2017) sebesar Rp 3.722.382.400.

#### 4.6 Penerapan Metode FMEA

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode pentabelan untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh *engineers* untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya. FMEA merupakan teknik evaluasi tingkat keandalan dari sebuah sistem untuk menentukan efek dari kegagalan dari sistem tersebut. Kegagalan digolongkan berdasarkan dampak yang diberikan terhadap kesuksesan suatu misi dari sebuah sistem.

Secara umum, FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi tiga hal, yaitu:

- Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk, dan proses selama siklus hidupnya,
- Efek dari kegagalan tersebut,

- c. Tingkat kekritisan efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk, dan proses.

Penerapan metode FMEA diharapkan dapat mengidentifikasi dan melakukan tindakan korektif dalam mengatasi masalah pada *breakdown* yang paling serius. Penerapan FMEA yang dilakukan penulis menitikberatkan pada 3 komponen *excavator* yang memiliki waktu *downtime* paling tinggi. Tiga komponen tersebut adalah *Electrical*, *hydraulics*, dan *engine*. Penerapan metode FMEA dapat dilihat secara lengkap pada lampiran 3.

Berdasarkan tabel 4.7 dapat dilihat bahwa item *evaporator* dan *condenser* A/C pada komponen *electrical* memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 280. Lalu, berdasarkan tabel 4.8 dapat dilihat bahwa item *engine assy* pada komponen *engine* memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 192. Pada komponen *hydraulics* yang dijelaskan pada tabel 4.9, item *hydraulic line hose* memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 192.

Contoh perhitungan RPN (komponen *engine*):

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 4.8, item *engine assy* memiliki nilai *severity* 8, lalu item tersebut memiliki nilai *occurrence* 6. Pada bagian *detection* item tersebut memperoleh nilai 4. Berdasarkan angka-angka tersebut, nilai dari *Risk Priority number* (RPN) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$RPN = S \times O \times D$$

$$RPN = 8 \times 6 \times 4$$

$$RPN = 192$$

Berikut ini akan dijelaskan item apa saja yang terdapat dalam tiga komponen tersebut yang memiliki nilai RPN tertinggi.

Tabel 4. 7 FMEA komponen *electrical*

No	Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Design Control (prevention)	Current Design Control (Detection)	Detection	RPN	Recommended Actions
7	<i>Evaporator &amp; condenser A/C</i>	Mengeluarkan hawa sejuk kedalam cabin	Evaporator abnormal	A/C rusak	8	Kebocoran, radiator tercampur dengan oli	5	<i>Periodical service</i> (menggunakan mekanik dari UT-SBY)	-	7	280	<i>Repair evaporator dan condenser</i>

Tabel 4. 8 FMEA komponen *engine*

No	Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Design Control (prevention)	Current Design Control (Detection)	Detection	RPN	Recommended Actions
2	<i>Engine assy</i>	Penghasil tenaga utama pada unit	<i>Injector engine</i> bermasalah	<i>Engine</i> tidak bisa dinyalakan	8	<i>Injector</i> rusak	6	<i>Order injector</i> baru (via UT-SBY)	KOMTRAX	4	192	Ganti <i>injector</i>

Tabel 4. 9 FMEA komponen *hydraulic*

No	Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Design Control (prevention)	Current Design Control (Detection)	Detection	RPN	Recommended Actions
4	<i>Hydraulic line hose</i>	Pengantar oli hidrolik ke seluruh bagian unit dengan tekanan yang sesuai	<i>Hose line control valve, swing, swivel joint, PPC, hydraulic, cylinder boom, motor swing bocor</i>	<i>Fluid rembes</i>	6	Benturan, gesekan, beban kerja terlalu besar	8	<i>Periodical inspection, periodical service, spare parts hose tersedia</i>	-	4	192	Ganti komponen <i>hose</i>



Setelah menerapkan metode FMEA tersebut kepada ketiga komponen dari *excavator* PC 300-8MO maka terjadi perubahan waktu *downtime*. Perubahan tersebut dapat dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 4. 10 Perbandingan jumlah *downtime* komponen *electrical* sebelum dan sesudah FMEA

Sebelum FMEA		Sesudah FMEA	
Item breakdown	Jumlah downtime (hours)	Item breakdown	Jumlah downtime (hours)
Alternator, generator & circuit	1,5	Alternator, generator & circuit	1,5
Battery & circuit	2,5	Battery & circuit	2,5
Cabin air filter & blower A/C	49,75	Cabin air filter & blower A/C	49,75
Compressor A/C	3	Compressor A/C	3
Control unit/controller	6	Control unit/controller	6
Electrical equipment	17	Electrical equipment	17
Evaporator & condensor A/C	84,92	Lighting	14,75
Lighting	14,75	Motor starter & circuit	34
Motor starter & circuit	34	Wiper assy	1
Wiper assy	1	<b>Total</b>	<b>129,50</b>
<b>Total</b>	<b>214,42</b>		

Berdasarkan hasil dari tabel 4.10 dapat disimpulkan bahwa pada saat sebelum diterapkannya metode FMEA total *downtime* yang diperoleh oleh komponen *electrical* adalah sebesar 214,42 jam dengan waktu *downtime* terbesar ada pada item *evaporator* dan *condenser* A/C dengan nilai 84,92 jam. Dengan adanya penerapan metode FMEA item *evaporator* dan *condenser* A/C dapat dihilangkan. Dampak dari menghilangkan item *breakdown* tersebut menyebabkan total *downtime* komponen *electrical* yang semula berjumlah 214,42 jam menjadi 129,5 jam.

Tabel 4. 11 Perbandingan jumlah *downtime* komponen *engine* sebelum dan sesudah FMEA

Sebelum FMEA		Sesudah FMEA	
Item breakdown	Jumlah Downtime (hours)	Item breakdown	Jumlah Downtime (hours)
Cooling system (radiator, fan, v-belt, water pump)	40	Cooling system (radiator, fan, v-belt, water pump)	40
Engine assy	178,75	Exhaust system (exhaust manifold, muffler)	0,5
Exhaust system (exhaust manifold, muffler)	0,5	Filters	0,5
Filters	0,5	Fuel system	29,32
Fuel system	29,32	Intake system (turbocharger, after cooler, intake manifold)	5
Intake system (turbocharger, after cooler, intake manifold)	5	Lubricant system	24,5
Lubricants system	24,5	<b>Total</b>	<b>99,82</b>
<b>Total</b>	<b>278,57</b>		

Berdasarkan hasil dari tabel 4.11 dapat disimpulkan bahwa pada saat sebelum diterapkannya metode FMEA total *downtime* yang diperoleh oleh komponen *engine* adalah sebesar 214,42 jam dengan waktu *downtime* terbesar ada pada item *engine assy* dengan nilai 178,75 jam. Dengan adanya penerapan metode FMEA, kerusakan yang terjadi pada item *engine assy* dapat dihilangkan. Dampak dari menghilangkan item *breakdown* tersebut menyebabkan total *downtime* komponen *engine* yang semula berjumlah 278,57 jam menjadi 99,82 jam.

Tabel 4. 12 Perbandingan jumlah *downtime* komponen *hydraulic* sebelum dan sesudah FMEA

Sebelum FMEA		Sesudah FMEA	
Item breakdown	Jumlah downtime (hours)	Item breakdown	Jumlah downtime (hours)
Hydraulic control valve	1,5	Hydraulic control valve	1,5
Hydraulic cylinder	58,5	Hydraulic cylinder	58,5
Hydraulic line pipe	19	Hydraulic line pipe	19
Hydraulic line hose	89,25	Hydraulic pump	1
Hydraulic pump	1	PPC valve & circuit	3
PPC valve & circuit	3	<b>Total</b>	<b>83</b>
<b>Total</b>	<b>172,25</b>		

Berdasarkan hasil dari tabel 4.12 dapat disimpulkan bahwa pada saat sebelum diterapkannya metode FMEA total *downtime* yang diperoleh oleh komponen *hydraulic* adalah sebesar 172,25 jam dengan waktu *downtime* terbesar ada pada item *hydraulic line hose* dengan nilai 89,25 jam. Dengan adanya penerapan metode FMEA, kerusakan yang terjadi pada item *hydraulic line hose* dapat dihilangkan. Dampak dari menghilangkan item *breakdown* tersebut menyebabkan total *downtime* komponen *hydraulic* yang semula berjumlah 172,25 jam menjadi 83 jam.

#### 4.7 Pengaruh FMEA Terhadap Laju produksi

Setelah dilakukannya penerapan FMEA pada item *breakdown* yang dialami *excavator* PC 300-8MO terdapat perbedaan jumlah waktu *downtime* yang dialami unit antara sebelum dan sesudah penerapan metode. Sebelum penerapan metode FMEA, total waktu *downtime* yang dimiliki oleh unit adalah 669,16 jam dalam satu tahun periode 2017. Setelah dilakukannya perbaikan dengan menggunakan metode FMEA, total waktu *downtime* yang dimiliki unit mengalami penurunan yaitu 316,24. Demi mempermudah penjelasan mengenai perubahan tersebut, waktu *downtime* dapat disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4. 13 Perbandingan total *downtime* keseluruhan komponen unit sebelum dan sesudah FMEA

Sebelum FMEA			Sesudah FMEA		
No	Komponen	Jumlah Downtime dalam Satu Tahun (hours)	No	Komponen	Jumlah Downtime dalam Satu Tahun (hours)
1	<i>Cabin</i>	1,5	1	<i>Cabin</i>	1,5
2	<i>Chasis</i>	1,75	2	<i>Chasis</i>	1,75
3	<i>Electrical</i>	214,42	3	<i>Electrical</i>	129,5
4	<i>Engine</i>	278,57	4	<i>Engine</i>	99,82
5	<i>Hydraulics</i>	172,25	5	<i>Hydraulics</i>	83
6	<i>Undercarriage</i>	0,67	6	<i>Undercarriage</i>	0,67
Total		669,16	Total		316,24

Dengan adanya perubahan total *downtime* yang dimiliki *excavator* PC 300-8MO dapat merubah nilai laju produksi eksisting unit. Perubahan yang terjadi pada faktor koreksi terletak pada perhitungan faktor kondisi mesin dikarenakan adanya

pembaharuan pada total *downtime* yang diterima. Untuk waktu siklus, *fill factor*, volume *real bucket* dan faktor-faktor lain yang ada didalam faktor koreksi tidak berpengaruh, dikarenakan kondisi pekerjaan & tata laksana, faktor *swing* & kedalaman galian serta faktor pengisian bucket terhadap material adalah sama. Berikut ini merupakan perhitungan dari faktor kondisi ketersediaan mesin.

$$MA = \frac{Wk}{Wk + Wr} \times 100\%$$

$$MA = \frac{6000}{6000 + 316,24} \times 100\%$$

$$MA = 0,95 \times 100\%$$

$$MA = 95\%$$

Dengan adanya perubahan nilai pada faktor ketersediaan mesin maka, nilai pada faktor koreksi dapat dihitung sebagai berikut.

$$Faktor\ koreksi = 0,95 \times 0,65 \times 1,03 \times 0,75$$

$$Faktor\ koreksi = 0,48$$

Perhitungan laju produksi setelah adanya perubahan adalah sebagai berikut.

$$Q = \frac{3600}{Ct} \times q \times Ff \times Fk$$

$$Q = \frac{3600}{36} \times 1,5 \times 0,65 \times 0,48$$

$$Q = 46,8\ m^3$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa laju produksi *excavator* PC 300-8MO menjadi 46,8m<sup>3</sup>.

#### **4.8 Estimasi Total Biaya Kepemilikan dan Operasi dengan Metode LCC Setelah Dilakukan Penerapan FMEA**

Berikut ini akan dijelaskan mengenai total biaya kepemilikan dan operasi setelah adanya penerapan metode FMEA melalui tabel dibawah ini.

Tabel 4. 14 *Estimasi total biaya kepemilikan dan operasi setelah adanya penerapan FMEA*

Estimasi Biaya Kepemilikan dan Operasi				
Model unit	:	<i>Hydraulic excavator PC 300-8MO</i>		
Attachment	:	<i>Standard bucket 2,3 m3</i>		
Harga unit (sebelum PPN)	:	Rp	3.240.470.000,00	
Trade in Value 30%	:	Rp	972.141.000,00	
Net Depreciation Value	:	Rp	2.268.329.000,00	
Biaya Kepemilikan				
a. Depresiasi	Rp	189.027	× 6000 jam	Rp 1.134.162.000
b. Bunga dan asuransi	Rp	40.100	× 6000 jam	Rp 240.600.000
<b>Total Biaya Kepemilikan</b>				<b>Rp 1.374.762.000</b>
Biaya Operasi				
a. Bahan bakar	Rp	353.800	× 6000 jam	Rp 2.122.800.000
b. Oli mesin	Rp	2.625	× 6000 jam	Rp 15.750.000
c. Oli transmisi	Rp	319	× 6000 jam	Rp 1.911.000
d. Oli <i>final drive</i>	Rp	228	× 6000 jam	Rp 1.365.000
e. Oli <i>hydraulic</i>	Rp	810	× 6000 jam	Rp 4.860.000
f. <i>Grease</i>	Rp	850	× 6000 jam	Rp 5.100.000
h. Biaya <i>repair dan maintenance</i>	Rp	40.000	× 316,24 jam	Rp 12.649.600
i. Upah <i>operator</i>	Rp	28.178	× 6000 jam	Rp 169.068.000
<b>Total biaya operasi</b>				<b>Rp 2.333.503.600</b>
<b>Total biaya kepemilikan dan operasi</b>				<b>Rp 3.708.265.600</b>

Berdasarkan hasil dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa nilai estimasi biaya kepemilikan dan operasi setelah diterapkannya metode FMEA adalah sebesar Rp 3.708.265.600.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

### **ANALISA DAN DISKUSI DATA**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisis terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan.

#### **5.1 Analisa Pengaruh *Downtime* Terhadap Laju produksi Unit**

Dalam pelaksanaannya, unit *excavator* yang dimiliki oleh PT UTSG telah mengalami perawatan berkala (*schedule maintenance*) yang teratur. Akan tetapi, walaupun telah melakukan perawatan sesuai dengan panduan perintah yang direkomendasikan ATPM, unit tersebut tetap menerima kerusakan yang tidak terduga. Berdasarkan data yang disajikan oleh lampiran 1 dan diperjelas menggunakan tabel 4.3 dapat diketahui bahwa total *downtime* yang disebabkan oleh *breakdown* yang tidak terduga adalah sebesar 669,16 jam selama tahun 2017. Pengaruh jumlah *downtime* tersebut berdampak pada laju produksi yang dihasilkan. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan di kondisi eksisting, diperoleh bahwa waktu siklus (*cycle time*) yang didapatkan unit adalah sebesar 36 detik. Lalu, faktor pengisian *bucket* atau *fill factor* bernilai 65%. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor koreksi yang telah ditentukan pada perhitungan sebelumnya maka, nilai dari laju produksi di kondisi eksisting adalah sebesar 43,8 m<sup>3</sup>.

#### **5.2 Analisa Penerapan FMEA Terhadap *Downtime* Unit**

Sebelumnya telah diketahui bahwa total *downtime* yang dimiliki *excavator* PC 300-8MO adalah sebesar 669,16 jam. Dengan dilakukannya penerapan metode FMEA terhadap 3 komponen yang memiliki jumlah *downtime* paling besar dapat diketahui item pada tiap komponen mana saja yang harus dilakukan tindakan mitigasi terhadap item dengan nilai RPN tertinggi dengan harapan pada kondisi ideal nantinya tidak terjadi *downtime* sama sekali. Tiga item *breakdown* tersebut antara lain adalah *evaporator* dan *condensor* A/C yang terdapat di komponen *electrical*, *engine assy* terdapat pada komponen *engine*, dan *hydraulic line hose* yang terdapat pada komponen *hydraulic*.

Berdasarkan data yang tersaji di tabel 4.7 dapat dilihat bahwa *evaporator* dan *condensor* A/C memiliki fungsi yaitu mengalirkan hawa sejuk kedalam *cabin*. Jenis kerusakan yang terjadi adalah kondisi *evaporator* tidak berfungsi dengan layak atau abnormal. Kesulitan dalam mendeteksi kerusakan dikarenakan tidak adanya metode atau *tools* tersendiri guna menghindari kerusakan tersebut. Apabila diteliti lebih lanjut pada data *breakdown* yang terdapat di lampiran 2 dapat ditemukan masalah pada *engine* yaitu *engine overheat*. Salah satu dampak dari masalah tersebut dapat menyebabkan kebocoran pada radiator sehingga oli mesin masuk ke dalam radiator. Efek yang ditimbulkan pada kerusakan *evaporator* dan *condensor* menyebabkan rusaknya pendingin atau A/C. Tindakan pencegahan dilakukan saat *periodical service*. Dalam penanganannya, tindakan yang direkomendasikan perusahaan adalah melakukan perbaikan terhadap komponen tersebut. Tetapi, kurangnya keahlian (*skill*) pada mekanik menyebabkan perusahaan harus menunggu bantuan dari PT United Tractors cabang Surabaya. Hal ini menyebabkan waktu tunggu yang lama sehingga dampak yang timbul adalah bertambahnya *downtime* pada kerusakan. Diharapkan adanya pemerataan *skill* mekanik dengan cara memberikan evaluasi dan pelatihan rutin agar dapat menanggulangi masalah tersebut serta diharapkan adanya suatu *tools* atau metode yang dapat memudahkan dalam mendeteksi kerusakan.

Berdasarkan data yang tersaji pada tabel 4.8, dapat dilihat bahwa *engine assy* memiliki fungsi sebagai penghasil tenaga utama pada *unit*. Jenis kerusakan yang terjadi adalah *injector* pada *engine* bermasalah. Penyebab kerusakan tersebut adanya kerusakan pada *injector*. Efek yang ditimbulkan adalah *engine* tidak dapat dinyalakan. Dalam mendeteksi masalah ini, PC 300-8MO memiliki fitur KOMTRAX yang dimana dapat memudahkan *user* dalam mendeteksi masalah. Tindakan pencegahan dalam menangani masalah ini adalah mengganti *injector*. Tetapi dalam pelaksanaannya, *spare parts injector* tidak tersedia di gudang persediaan *spare parts* PT UTSG sehingga perusahaan harus memesan *part* tersebut ke PT United Tractors cabang Surabaya. Bertambahnya *downtime* pada komponen salah satunya diakibatkan oleh waktu menunggu datangnya *spare parts*. Oleh karena itu, diharapkan adanya cadangan *parts* komponen tersebut hal ini didasari oleh jumlah *downtime* untuk komponen *engine* merupakan yang tertinggi.



Pada tabel 4.9 dapat dilihat bahwa *hydraulic line hose* memiliki fungsi sebagai pengantar oli *hydraulic* ke seluruh bagian unit dengan tekanan yang sesuai. Jenis kerusakan yang ditemui adalah adanya kebocoran pada *hose line control valve*, *swing*, *swivel*, PPC, *hydraulic cylinder boom*, dan *notor swing*. Efek yang ditimbulkan dari kerusakan adalah *fluid* rembes. Penyebab potensial terjadinya kegagalan adalah unit tidak sengaja mengalami gesekan dan benturan yang cukup serius. Selain itu, pengoperasian unit melebihi beban kerja yang dianjurkan. Kesulitan serta minimnya metode atau *tools* dalam mendeteksi kerusakan menjadi masalah tersendiri bagi perusahaan. Tindakan yang disarankan dalam menangani kerusakan adalah mengganti komponen *hose*. Kontrol dalam mencegah bentuk kerusakan ini adalah *spare parts* untuk komponen ini selalu tersedia lalu kegiatan *periodical inspection* dan *periodical service* dapat menangani masalah tersebut. Sejatinya, *hydraulic line hose* merupakan item yang memiliki umur yang pendek dan mudah aus (*worn out*). Walaupun, tindakan *periodical inspection* dan *periodical service* sering dilakukan, apabila dalam pengoperasian unit operator tidak berhati-hati dalam bekerja sehingga merusak item ini, tentu saja dapat menimbulkan masalah yang cukup serius. Oleh karena itu, diharapkan adanya evaluasi terhadap kemampuan operator serta memberikan banyak pelatihan bagi operator alat.

Semakin banyaknya waktu *downtime* pada suatu unit nantinya dapat berpengaruh pada laju produksi unit serta biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan dan pemeliharaan. Oleh karena itu, dengan mereduksi ketiga item *breakdown* tersebut maka, total keseluruhan *downtime* yang dimiliki *excavator* PC 300-8MO menjadi 316,24 jam.

### 5.3 Analisa Pengaruh Penerapan FMEA Terhadap Laju produksi Unit

Setelah dilakukannya penerapan metode FMEA pada kondisi eksisting, terjadi perubahan jumlah *downtime* yang mengakibatkan meningkatnya nilai pada laju produksi perusahaan. Peningkatan yang terjadi berjumlah 3 m<sup>3</sup> dari nilai awal laju produksi sebesar 43,8m<sup>3</sup> menjadi sebesar 46,8 m<sup>3</sup>. Apabila dikonversikan, jumlah peningkatan tersebut setara dengan 3 ton (*material density* untuk *limestone* adalah 1m<sup>3</sup> = 2 ton). Hal yang mempengaruhi peningkatan tersebut terletak pada faktor kondisi ketersediaan mesin. Dimana sebelum penerapan metode FMEA, nilai

faktor kondisi ketersediaan mesin adalah 89%. Setelah dilakukannya penerapan metode FMEA, nilai faktor tersebut meningkat menjadi 95% hal ini dipengaruhi oleh jumlah *downtime* yang telah direduksi.

#### **5.4 Analisa Metode LCC Terhadap Estimasi Biaya Kepemilikan dan Operasi Sebelum dan Sesudah Penerapan Metode FMEA**

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada bab sebelumnya komponen biaya yang mengalami perubahan terletak pada komponen biaya operasi, pada komponen biaya kepemilikan tidak berubah dikarenakan biaya tersebut tidak berpengaruh pada pengoperasian unit. Perbedaan pengeluaran biaya terlihat pada biaya *repair* dan *maintenance* dimana pada saat kondisi eksisting dengan jumlah *downtime* 669,16 jam/tahun, jumlah uang yang dikeluarkan adalah sebesar Rp 26.766.400. Setelah dilakukannya penerapan metode FMEA dimana jumlah *downtime* menjadi 316,24 jam/tahun menyebabkan biaya tersebut berkurang menjadi Rp 12.649.000. Pada akhirnya, total biaya kepemilikan dan operasi (Januari 2017 – Desember 2017) yang semula sebesar Rp 3.203.682.400 menjadi Rp3.189.565.600. Penurunan biaya tersebut disebabkan oleh menurunnya frekuensi *downtime* yang berpengaruh terhadap *repair time*. Tetapi perlu diingat bahwa hal tersebut dapat terjadi apabila terdapat tindakan lebih lanjut dari perusahaan dalam menangani komponen-komponen breakdown yang telah dianalisis dengan bantuan FMEA.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan ditarik kesimpulan berdasarkan hasil dari pengolahan dan analisa data yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya. Selain itu, pada bab ini terdapat saran yang akan ditujukan kepada perusahaan dan pengembangan penelitian selanjutnya.

#### **6.1 Kesimpulan**

Berikut ini merupakan kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain:

1. PT United Tractors Semen Gresik telah melakukan prosedur *schedule maintenance* rutin yang telah dianjurkan oleh ATPM terutama pada unit *excavator* PC 300-8MO.
2. Dari 6 komponen utama unit, komponen *electrical*, *engine*, dan *hydraulics* memiliki jumlah *downtime* kerusakan tertinggi.
3. Laju produksi ideal *excavator* PC 300-8MO adalah 46,8 m<sup>3</sup>/jam. Terjadi peningkatan nilai laju produksi sebesar 3 m<sup>3</sup> dari laju produksi sebelum diterapkannya metode perbaikan.
4. Hasil estimasi biaya kepemilikan dan operasi setelah dilakukannya perbaikan adalah sebesar Rp 3.708.265.600. Biaya tersebut lebih hemat Rp 14.116.800 dari biaya kepemilikan dan operasi sebelum diterapkannya metode perbaikan.

#### **6.2 Saran**

Berikut ini merupakan pemberian saran yang ditujukan untuk perusahaan dan pengembangan penelitian berikutnya.

1. Dibutuhkan evaluasi dan pelatihan rutin untuk mekanik dan operator unit PT UTSG dengan harapan adanya pemerataan *skill* untuk tiap-tiap individu demi menanggulangi terjadinya *breakdown* yang sama pada unit *excavator* PC 300-8MO.
2. Masih terdapat banyak kekurangan dalam pembuatan penelitian ini. Oleh karena itu, apabila penelitian ini dilanjutkan diharapkan adanya data *breakdown*

yang lebih lengkap sehingga tidak terpaku pada data satu tahun saja agar nantinya keputusan yang diambil lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alifen, R. S., 2012. *Diktat Teknik Pelaksanaan dan Peralatan*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- Asiyanto, 2008. *Manajemen Alat Berat Untuk Konstruksi*. Jakarta: PT. Pradyna Paramita.
- Butcher, K. J., 2008. *Maintenance engineering and management : A guide for designers, maintainers, building owners and operators, and facilities manager*. London: CIBSE.
- Carlson, C. S., 2012. Effective FMEA'S . In: *Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes Using Failure Mode and Effects Analysis*. New Jersey: John Wiley & sons, Inc..
- Dhilon, B. S., 2002. *Engineering Maintenance : A Modern Approach*. Boca Raton: CRC Press.
- Duffy, O. C., Heard, S. A. & Wright, G., 2018. *Mobile Heavy Equipment*. Burlington: Jones & Bartlett Learning.
- FAO, n.d. *Cost Control in Forest Harvesting and Road Construction*. [Online] Available at: <http://www.fao.org/docrep/T0579E/t0579e00.htm#Contents> [Accessed 17 4 2018].
- Gasperz, V., 1992. *Analisa Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*. 1st ed. Bandung: Tarsito.
- Gransberg, D. D., 2015. *Major Equipment Life Cycle Cost Analysis*. Minnesota: Minnesota Department of Transportation Research Services & Library.
- Handoko, T. H., 1984. *Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. 1st ed. Yogyakarta: BPFE.
- Home, J. C. & Wachowizc, J. M., 2008. *Fundamentals of Financial Management*. 13th ed. London: Prentice-Hall. Inc.
- Komatsu, 2017. *Komatsu*. [Online] Available at: <http://www.komatsu.com.au/Equipment/Pages/Excavators/PC300-8.aspx> [Accessed 20 May 2018].
- LIPI, 2006. *Transformasi Usaha Industri Media Massa*. 2 ed. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Mishra, R. C. & Pathak, K., 2012. *MINTENANCE ENGINEERING AND MANAGEMENT*. 2nd ed. New Delhi: PHI Learning Private Limited.

- Mustafa, A., 1998. *Manajemen Perawatan*. Bandung: ITB.
- Purnomo, H., 2003. In: *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rahman, N., 2013. Methods of Depreciations. *HOSP 2110 (Management Acct)*, pp. 1-4.
- Rochmanhadi, 1992. *Alat Berat Dan Penggunaannya*. 4th ed. Jakarta: YBPPU.
- Rostiyanti, S. F., 2008. *Alat-alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. 2nd ed. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Setiawati, D. N. & Maddeppunggeng, A., 2013. Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Pabrik Krakatau Posco Zone IV Di Cilegon. *Jurnal Konstruksi*, Volume 4, pp. 95-96.
- Suwondo, C., 2004. *Outsourcing implementasi di Indonesia*. 2nd ed. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- United Tractors, 2013. In: *LCC : Estimating total owning and operating costs*. Jakarta: s.n.

## **LAMPIRAN**

## Lampiran 1

### Spesifikasi Komatsu Excavator PC 300-8MO



#### ENGINE

Model .....	Komatsu SAA6D114E-3
Type .....	Water-cooled, 4-cycle, direct injection
Aspiration .....	Turbocharged, aftercooled
Number of cylinders .....	6
Bore .....	114 mm
Stroke .....	135 mm
Piston displacement .....	8.27 L
Horsepower:	
SAE J1995 .....	Gross 194 kW 260 HP
ISO 9249 / SAE J1349 .....	Net 187 kW 250 HP
Rated rpm .....	1950 min <sup>-1</sup>
Fan drive method for radiator cooling .....	Mechanical
Governor .....	All-speed control, electronic

EPA Tier 3 and EU Stage 3A emissions equivalent.



#### HYDRAULICS

Type .....	HydrauMind (Hydraulic Mechanical Intelligence New Design) system, closed-centre system with load sensing valves and pressure compensated valves
Number of selectable working modes .....	6
Main pump:	
Type .....	Two variable displacement piston type
Pumps for .....	Boom, arm, bucket, swing, and travel circuits
Maximum flow .....	535 L / min
Supply for control circuit .....	Self-reducing valve
Hydraulic motors:	
Travel .....	2 x axial piston motor with parking brake
Swing .....	1 x axial piston motor with swing holding brake
Relief valve setting:	
Implement circuits .....	37.3 MPa 380 kg/cm <sup>2</sup>
Travel circuit .....	37.3 MPa 380 kg/cm <sup>2</sup>
Swing circuit .....	27.9 MPa 285 kg/cm <sup>2</sup>
Pilot circuit .....	3.2 MPa 33 kg/cm <sup>2</sup>
Hydraulic cylinders:	
(Number of cylinders – bore x stroke x rod diameter)	
Boom .....	2 – 140 mm x 1480 mm x 100 mm
Arm .....	1 – 160 mm x 1825 mm x 110 mm
Bucket for 3.185 m & 4.02 m arm .....	1 – 140 mm x 1285 mm x 100 mm
Bucket for 2.55 m arm .....	1 – 150 mm x 1285 mm x 110 mm

Gambar 1 Spesifikasi Komatsu Excavator PC 300-8MO





## DRIVES AND BRAKES

Steering control .....	Two levers with pedals
Drive method .....	Hydrostatic
Maximum drawbar pull .....	264 kN 26900 kg
Gradeability .....	70%, 35°
Maximum travel speed: High .....	5.5 km/h
(Auto-Shift) Mid .....	4.5 km/h
(Auto-Shift) Low .....	3.2 km/h
Service brake .....	Hydraulic lock
Parking brake .....	Mechanical disc brake



## SWING SYSTEM

Drive method .....	Hydrostatic
Swing reduction .....	Planetary gear
Swing circle lubrication .....	Grease-bathed
Service brake .....	Hydraulic lock
Holding brake/Swing lock .....	Mechanical disc brake
Swing speed .....	9.5 min <sup>-1</sup>



## UNDERCARRIAGE

Center frame .....	X-frame
Track frame .....	Box-section
Seal of track .....	Sealed track
Track adjuster .....	Hydraulic
Number of shoes (each side):	
PC300-8M0 .....	45
PC300LC-8M0 / PC350LC-8M0 .....	48
Number of carrier rollers .....	2 each side
Number of track rollers (each side):	
PC300-8M0 .....	7
PC300LC-8M0 / PC350LC-8M0 .....	8



## COOLANT AND LUBRICANT CAPACITY (REFILLING)

Fuel tank .....	605 L
Coolant .....	31.0 L
Engine .....	37.0 L
Final drive, each side .....	9.0 L
Swing drive .....	16.5 L
Hydraulic tank .....	188 L

Gambar 1 Spesifikasi Komatsu Excavator PC 300-8MO (lanjutan)



## OPERATING WEIGHT (APPROXIMATE)

Operating weight including 6470 mm one-piece boom, 3185 mm arm, 600 mm shoes, rated capacity of lubricants, coolant, full fuel tank, operator, standard equipment, KGA quick hitch and 1500mm KGA bucket (PC300-8M0, PC300LC-M0) or 1700 mm KGA bucket (PC350LC-8M0).

PC300-8M0		PC300LC-8M0		PC350LC-8M0	
Operating Weight	Ground Pressure	Operating Weight	Ground Pressure	Operating Weight	Ground Pressure
33800 kg	0.7kg/cm <sup>2</sup>	34600 kg	0.66 kg/cm <sup>2</sup>	36300 kg	0.69 kg/cm <sup>2</sup>



## RATED CAPACITY

Rated capacity when fitted with 6470 mm boom, 3185 mm arm, 600 mm shoes and lifting suspended loads with KGA quick hitch (as per Australian standards).

PC300-8M0 .....	3150 kg
PC300LC-8M0 .....	3200 kg
PC350LC-8M0 .....	3650 kg



## DIMENSIONS

Arm Length		3185 mm		
	Model	PC300-8M0	PC300LC-8M0	PC350LC-8M0
<b>A</b>	Overall length	11150 mm	11150 mm	11140 mm
<b>B</b>	Length on ground	5755 mm	5930 mm	5930 mm
<b>C</b>	Overall height (to top of boom)*	3285 mm	3285 mm	3285 mm
<b>D</b>	Overall width	3190 mm	3190 mm	3310 mm
<b>E</b>	Overall height (to top of cab)*	3145 mm	3145 mm	3190 mm
<b>F</b>	Ground clearance, counterweight	1185 mm	1185 mm	1230 mm
<b>G</b>	Ground clearance (minimum)	500 mm	500 mm	644 mm
<b>H</b>	Tail swing radius	3450 mm	3450 mm	3450 mm
<b>I</b>	Track length on ground	3700 mm	4030 mm	4030 mm
<b>J</b>	Track length	4625 mm	4955 mm	4955 mm
<b>K</b>	Track gauge	2590 mm	2590 mm	2710 mm
<b>L</b>	Width of crawler	3190 mm	3190 mm	3310 mm
<b>M</b>	Shoe width	600 mm	600 mm	600 mm
<b>N</b>	Grouser height	36 mm	36 mm	36 mm
<b>O</b>	Machine cab height	2585 mm	2585 mm	2630 mm
<b>P</b>	Machine cab width **	3090 mm	3090 mm	3090 mm
<b>Q</b>	Distance, swing centre to rear end	3405 mm	3405 mm	3405 mm

\*: Including grouser height

\*\* : Including handrail

Gambar 1 Spesifikasi Komatsu Excavator PC 300-8MO (lanjutan)



## WORKING RANGE

	Arm	2220 mm	3185 mm
<b>A</b>	Max. digging height	9460 mm	10100 mm
<b>B</b>	Max. dumping height	6520 mm	7050 mm
<b>C</b>	Max. digging depth	6400 mm	7380 mm
<b>D</b>	Max. vertical wall digging depth	4890 mm	6400 mm
<b>E</b>	Max. digging depth of cut for 8° level	6130 mm	7180 mm
<b>F</b>	Max. digging reach	10120 mm	11100 mm
<b>G</b>	Max. digging reach at ground level	9910 mm	10920 mm
<b>H</b>	Min. swing radius	4470 mm	4430 mm
<b>SAE rating</b>	Bucket digging force at power max.	228 kN 23300 kg	200 kN 20400 kg
	Arm crowd force at power max.	225 kN 22900 kg	165 kN 16800 kg
<b>ISO rating</b>	Bucket digging force at power max.	259 kN 26400 kg	227 kN 23100 kg
	Arm crowd force at power max.	235 kN 24000 kg	171 kN 17400 kg

Gambar 1 Spesifikasi Komatsu Excavator PC 300-8MO (lanjutan)

## Lampiran 2

### Data Breakdown Unit dalam Satu Tahun (Januari 2017 – Desember 2017)

Tabel 1 Data breakdown pada komponen cabin

Problem Start		Problem Finish		Lead Time (hours)	Breakdown		Data Trouble		
Repair Date	Repair Time	Finish Date	Finish Time		Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
17-Sep-17	18:30	17-Sep-17	19:30	1,00	Cabin	Bolt-nut, clamp, snap ring, lock pin, atc	Cabin tak bisa di buika	Excess Noise/Vibration	Repair lock door
09-Nov-17	2:00	09-Nov-17	2:30	0,50	Cabin	Wiper assy	Karet wiper rusak	Seized Component/Worn Out/Broken	Repair dan ganti karet wiper

Tabel 2 Data breakdown pada komponen chasis

Problem Start		Problem Finish		Lead Time (hours)	Breakdown		Data Trouble		
Repair Date	Repair Time	Finish Date	Finish Time		Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
13-Sep-17	7:30	13-Sep-17	8:00	0,50	Chassis, Frame, Steering axles	Main Frame/Chassis/Sub Frame	Bracket rakor putus	Crack/Bend/Scratch/Compressed Comp	Ganti bolt bracket rakor
15-Sep-17	7:15	15-Sep-17	8:30	1,25	Chassis, Frame, Steering axles	bolt-nut, clamp, snap ring, lock, atc (CH)	Bolt clamp muffler hilang	Loose/Missing Component/Came Off	Ganti bolt muffler

Tabel 3 Data breakdown pada komponen electrical

Problem Start		Problem Finish		Lead Time (hours)	Breakdown		Data Trouble		
Repair Date	Repair Time	Finish Date	Finish Time		Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
06-Jan-17	7:30	06-Jan-17	8:00	0,50	Electrical	Motor starter & circuit	Engine tidak bisa dinyalakan	Hard To Start/Engine suddenly off	Tambah air accu
13-Jan-17	16:30	13-Jan-17	17:00	0,50	Electrical	Electrical equipment	Potensio tidak bisa high	Electrical Fault/Intermittent	Repair potensio
22-Jan-17	19:00	22-Jan-17	20:30	1,50	Electrical	Alternator, generator & circuit	Work lamp mati	Electrical Fault/Intermittent	Repair electrical system
24-Jan-17	7:00	24-Jan-17	10:00	3,00	Electrical	Electrical equipment	Engine tidak bisa dinyalakan	Hard To Start/Engine suddenly off	Ganti motor starter
27-Jan-17	10:00	27-Jan-17	13:15	3,25	Electrical	Evaporator dan condensor AC	A/C panas	Malfungsi	Repair A/C
01-Feb-17	09:00	01-Feb-17	15:00	6,00	Electrical	Control unit/controller	ATT Jammed (macet)	Malfungsi	Repair electrical system
06-Feb-17	0:00	06-Feb-17	1:00	1,00	Electrical	Lighting	Lampu fog mati	Hard To Start/Engine suddenly off	Ganti fog lamp
12-Feb-17	3:00	15-Feb-17	12:00	81,00	Electrical	Evaporator dan condensor AC	A/C panas	Kebocoran	Repair A/C

Tabel 3 Data breakdown pada komponen electrical (lanjutan)

Problem Start		Problem Finish		Lead Time (hours)	Breakdown		Data Trouble		
Repair Date	Repair Time	Finish Date	Finish Time		Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
26-Feb-17	13:00	28-Feb-17	11:00	46,00	Electrical	Cabin air filter & blower AC	Blower A/C mati	Malfungsi	Repair A/C (ganti master blower)
05-Mar-17	15:00	05-Mar-17	16:00	1,00	Electrical	Battery dan circuit	Engine tidak bisa dinyalakan	Hard To Start/Engine suddenly off	Ganti battery
26-Mar-17	8:00	26-Mar-17	10:00	2,00	Electrical	Electrical equipment	Engine tidak bisa dinyalakan	Electrical Fault/Intermittent	Ganti motor starter
29-Mar-17	7:30	29-Mar-17	9:00	1,50	Electrical	Electrical equipment	Engine tidak bisa dinyalakan	Electrical Fault/Intermittent	Ganti motor starter
05-Apr-17	19:30	05-Apr-17	20:00	0,50	Electrical	Electrical equipment	RPM High	Electrical Fault/Intermittent	Cek potensio
18-Apr-17	15:20	18-Apr-17	16:00	0,67	Electrical	Evaporator dan condensor AC	A/C Panas	Abnormal Temperature	Service A/C
29-Apr-17	18:30	29-Apr-17	19:30	1,00	Electrical	Motor starter & circuit	Engine tidak bisa dinyalakan	Electrical Fault/Intermittent	Repair circuit
08-May-17	18:30	08-May-17	19:30	1,00	Electrical	Lighting	Work lamp mati	Electrical Fault/Intermittent	Repair wiring
21-May-17	19:00	21-May-17	20:00	1,00	Electrical	Lighting	Cabin lamp mati	Electrical Fault/Intermittent	Ganti bohlam
22-May-17	08:00	22-May-17	11:00	3,00	Electrical	Compressor A/C	A/C panas	Abnormal Temperature	Service A/C

Tabel 3 Data breakdown pada komponen electrical (lanjutan)

Problem Start		Problem Finish		Lead Time (hours)	Breakdown		Data Trouble		
Repair Date	Repair Time	Finish Date	Finish Time		Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
07-Jun-17	20:00	07-Jun-17	20:15	0,25	Electrical	Lighting	Cabin lamp mati	Electrical Fault/Intermittent	Ganti bohlam
14-Jun-17	20:00	14-Jun-17	20:30	0,50	Electrical	Lighting	Work lamp mati	Electrical Fault/Intermittent	Ganti bohlam
23-Jun-17	13:30	23-Jun-17	15:00	1,50	Electrical	Lighting	Main lamp mati	Electrical Fault/Intermittent	Ganti bohlam
29-Jun-17	07:30	29-Jun-17	10:00	2,50	Electrical	Cabin air filter & blower AC	A/C panas	Abnormal/Abnormal Temperature	Service A/C
01-Aug-17	13:00	01-Aug-17	14:00	1,00	Electrical	Lighting	Rotary lamp mati	Electrical Fault/Intermittent	Cannibal rotary lamp (dari unit PC 400-09)
03-Aug-17	21:00	03-Aug-17	22:00	1,00	Electrical	Lighting	Instalasi main lamp bermasalah	Electrical Fault/Intermittent	Repair electrical system
11-Aug-17	1:00	11-Aug-17	2:00	1,00	Electrical	Electrical equipment	Engine mati sendiri	Abnormal Temperature	Repair electrical system
12-Aug-17	22:00	12-Aug-17	23:00	1,00	Electrical	Lighting	Work lamp mati	Electrical Fault/Intermittent	Repair wiring
16-Aug-17	19:30	16-Aug-17	21:00	1,50	Electrical	Lighting	Engine tidak bisa dinyalakan	Electrical Fault/Intermittent	Repair wiring
23-Aug-17	8:00	23-Aug-17	11:00	3,00	Electrical	Lighting	Instalasi main lamp bermasalah	Electrical Fault/Intermittent	Electrical troubleshooting

Tabel 3 Data breakdown pada komponen electrical (lanjutan)

Problem Start		Problem Finish		Lead Time (hours)	Breakdown		Data Trouble		
Repair Date	Repair Time	Finish Date	Finish Time		Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
03-Sep-17	7:30	03-Sep-17	8:30	1,00	Electrical	Battery dan circuit	Engine tidak bisa dinyalakan	Electrical Fault/Intermittent	Ganti battery
04-Sep-17	21:00	04-Sep-17	21:30	0,50	Electrical	Motor starter & circuit	Motor starter tidak merespon	Electrical Fault/Intermittent	Cleaning & check wiring
06-Sep-17	7:00	06-Sep-17	9:00	2,00	Electrical	Motor starter & circuit	Engine tidak bisa dinyalakan	Electrical Fault/Intermittent	Repair motor starter
08-Sep-17	2:00	08-Sep-17	2:30	0,50	Electrical	Battery dan circuit	Engine tidak bisa dinyalakan	Electrical Fault/Intermittent	Jumper battery
15-Sep-17	7:30	15-Sep-17	8:00	0,50	Electrical	Electrical equipment	Engine tidak bisa dinyalakan	Electrical Fault/Intermittent	Cek electrical
27-Sep-17	18:30	27-Sep-17	19:00	0,50	Electrical	Lighting	Work lamp mati	Electrical Fault/Intermittent	Repair electrical system
29-Sep-17	18:45	29-Sep-17	20:00	1,25	Electrical	Cabin air filter & blower AC	A/C panas	Malfungsi	Service A/C
23-Oct-17	7:00	23-Oct-17	8:00	1,00	Electrical	Electrical equipment	Engine tidak bisa dinyalakan	Electrical Fault/Intermittent	Repair electrical system
24-Oct-17	11:45	24-Oct-17	16:30	4,75	Electrical	Electrical equipment	Circuit fuse putus	Abnormal Temperature	Repair electrical system



Tabel 3 Data breakdown pada komponen electrical (lanjutan)

Problem Start		Problem Finish		Lead Time (hours)	Breakdown		Data Trouble		
Repair Date	Repair Time	Finish Date	Finish Time		Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
15-Nov-17	10:00	15-Nov-17	10:30	0,50	Electrical	Electrical equipment	Sensor bermasalah	Electrical Fault/Intermittent	Repair sensor
23-Nov-17	19:00	23-Nov-17	22:30	3,50	Electrical	Motor starter & circuit	Engine tidak bisa dinyalakan	Electrical Fault/Intermittent	Repair motor starter
24-Nov-17	14:30	25-Nov-17	17:00	26,50	Electrical	Motor starter & circuit	Engine tidak bisa dinyalakan	Electrical Fault/Intermittent	Repair motor starter
12-Dec-17	10:00	12-Dec-17	11:00	1,00	Electrical	Electrical equipment	Engine tidak bisa dinyalakan	Abnormal Temperature	Repair electrical system
22-Dec-17	19:00	22-Dec-17	20:30	1,50	Electrical	Lighting	Work lamp mati	Electrical Fault/Intermittent	Ganti bohlam
26-Dec-17	23:00	26-Dec-17	23:45	0,75	Electrical	Electrical equipment	Roatry lamp rusak	Electrical Fault/Intermittent	Install rotary lamp baru
30-Dec-17	21:00	30-Dec-17	22:00	1,00	Electrical	Wiper assy	Wiper mati	Electrical Fault/Intermittent	Repair motor wiper dan wiring

Tabel 4 Data breakdown pada komponen engine

Problem Start		Problem Finish		Lead time (hours)	Breakdown		Data Trouble		
Report Date	Report Time	Repair Date	Finish at		Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
27-Jan-17	9:00	28-Jan-17	9:30	24,50	Engine	Lubricating system	Oil engine bocor	Leaks	Repair lubricating system
08-Mar-17	13:30	08-Mar-17	16:35	3,08	Engine	Fuel system	Angin masuk berlebihan	Malfungsi	Ganti fuel filter 1-EA
05-May-17	13:00	05-May-17	15:00	2,00	Engine	Fuel system	Engine low power	Malfungsi	Cleaning fuel line system
23-May-17	02:00	23-May-17	03:30	1,50	Engine	Fuel system	Engine low power	Malfungsi	Ganti fuel filter
06-Sep-17	9:00	06-Sep-17	9:30	0,50	Engine	Filters	Engine low power	Malfungsi	Replace rakor
07-Sep-17	8:15	07-Sep-17	9:00	0,75	Engine	Fuel system	Engine low power	Malfungsi	Replace rakor
09-Sep-17	9:30	09-Sep-17	10:00	0,50	Engine	Fuel system	Engine low power	Malfungsi	Replace rakor
12-Sep-17	8:00	12-Sep-17	8:30	0,50	Engine	Fuel system	Fuel tank bocor	Leaks	Ganti plug
13-Sep-17	21:00	13-Sep-17	22:00	1,00	Engine	Fuel system	Engine low power	Malfungsi	Cleaning fuel line system
13-Sep-17	14:00	13-Sep-17	15:00	1,00	Engine	Fuel system	Engine tidak bisa dinyalakan	Abnormal temperature	Bleeding fuel system
15-Sep-17	4:30	15-Sep-17	5:30	1,00	Engine	Fuel system	Engine mati sendiri	Abnormal temperature	Bleeding fuel system

Tabel 4 Data breakdown pada komponen engine (lanjutan)

Problem Start		Problem Finish		Lead time (hours)	Breakdown		Data Trouble		
Report Date	Report Time	Repair Date	Finish at		Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
17-Sep-17	22:30	17-Sep-17	23:59	1,48	Engine	Fuel system	Engine mati sendiri	Abnormal temperature	Bleeding fuel system
20-Sep-17	23:00	20-Sep-17	23:30	0,50	Engine	Exhaust system (exhaust manifold, muffler)	Muffler lepas	Seized Component/Worn Out/Broken	Ganti clamp muffler
21-Sep-17	11:00	21-Sep-17	12:00	1,00	Engine	Fuel system	Engine low power	Abnormal temperature	Bleeding fuel system
21-Sep-17	13:30	21-Sep-17	14:00	0,50	Engine	Fuel system	Engine low power	Abnormal temperature	Cleaning fuel line system
23-Sep-17	19:00	23-Sep-17	20:00	1,00	Engine	Engine Assy	Oil engine bocor	Leaks	Ganti hose
29-Sep-17	9:00	29-Sep-17	10:00	1,00	Engine	Fuel system	Engine tidak bisa dinyalakan	Malfungsi	Bleeding fuel system
29-Sep-17	8:00	29-Sep-17	9:00	1,00	Engine	Fuel system	Engine tidak bisa dinyalakan	Abnormal temperature	Bleeding fuel system
15-Oct-17	22:00	15-Oct-17	23:30	1,50	Engine	Fuel system	Engine mati sendiri	Abnormal temperature	Bleeding fuel system
17-Oct-17	9:00	17-Oct-17	10:00	1,00	Engine	Fuel system	Engine low power	Abnormal temperature	Ganti rakor
18-Oct-17	7:00	18-Oct-17	7:30	0,50	Engine	Fuel system	Engine low power	Malfungsi	Ganti fuel filter
20-Oct-17	13:00	20-Oct-17	13:30	0,50	Engine	Engine Assy	Engine low power	Malfungsi	Cleaning air cleaner
24-Oct-17	11:45	24-Oct-17	16:00	4,25	Engine	Engine Assy	Engine low power	Malfungsi	Bleeding fuel system

Tabel 4 Data breakdown pada komponen engine (lanjutan)

Problem Start		Problem Finish		Lead time (hours)	Breakdown		Data Trouble		
Report Date	Report Time	Repair Date	Finish at		Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
25-Oct-17	7:00	25-Oct-17	16:00	9,00	Engine	Engine Assy	Injector No 1 rusak	Seized Component/Worn Out/Broken	Ganti injector No 1
27-Oct-17	19:30	27-Oct-17	22:00	2,50	Engine	Fuel system	Engine tidak bisa dinyalakan	Abnormal temperature	Bleeding fuel system
06-Nov-17	7:00	06-Nov-17	10:00	3,00	Engine	Intake system (Turbocharger, after cooler, intake manifold)	Turbo abnormal	Abnormal temperature	Cleaning air cleaner
07-Nov-17	15:00	07-Nov-17	17:00	2,00	Engine	Fuel system	Engine mati sendiri	Abnormal temperature	Bleeding fuel system
08-Nov-17	13:30	08-Nov-17	15:00	1,50	Engine	Fuel system	Engine mati sendiri	Abnormal temperature	Bleeding fuel system
09-Nov-17	17:45	09-Nov-17	19:30	1,75	Engine	Engine Assy	Oil engine tercampur air	Abnormal temperature	Kuras air radiator (refill)
10-Nov-17	9:00	10-Nov-17	11:00	2,00	Engine	Intake system (Turbocharger, after cooler, intake manifold)	Turbo leak	Leaks	Ganti turbo (canibal unit SGP - 15)
16-Nov-17	8:30	16-Nov-17	14:00	5,50	Engine	Engine Assy	Engine overheat	Abnormal temperature	Repair plug and filter
19-Nov-17	20:00	19-Nov-17	20:30	0,50	Engine	Fuel system	Engine overheat	Abnormal temperature	Bleeding fuel system

Tabel 4 Data breakdown pada komponen engine (lanjutan)

Problem Start		Problem Finish		Lead time (hours)	Breakdown		Data Trouble		
Report Date	Report Time	Repair Date	Finish at		Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
22-Nov-17	1:00	22-Nov-17	1:30	0,50	Engine	Fuel system	Angin masuk berlebihan	Abnormal temperature	Bleeding fuel system
26-Nov-17	20:30	26-Nov-17	21:00	0,50	Engine	Cooling system (radiator, fan, v-belt, water pump)	Engine overheat	Abnormal temperature	Ganti air radiator
27-Nov-17	20:00	27-Nov-17	21:00	1,00	Engine	Cooling system (radiator, fan, v-belt, water pump)	Engine overheat	Abnormal temperature	Ganti air radiator
29-Nov-17	7:00	30-Nov-17	9:30	26,50	Engine	Cooling system (radiator, fan, v-belt, water pump)	Oli masuk ke radiator	Seized Component/Worn Out/Broken	Ganti radiator (canibal unit PC 300 SGP 15)
03-Dec-17	11:30	03-Dec-17	14:00	2,50	Engine	Fuel system	Engine mati sendiri	Abnormal temperature	Ganti fuel filter
07-Dec-17	23:15	14-Dec-17	12:00	156,75	Engine	Engine Assy	Engine overheat	Abnormal temperature	Ganti control valve
14-Dec-17	17:00	14-Dec-17	17:30	0,50	Engine	Fuel system	Angin masuk berlebihan	Abnormal temperature	Bleeding fuel system
29-Dec-17	7:30	29-Dec-17	17:00	9,50	Engine	Cooling system (radiator, fan, v-belt, water pump)	Oli masuk ke radiator	Abnormal temperature	Ganti oil cooler assy
31-Dec-17	7:30	31-Dec-17	10:00	2,50	Engine	Cooling system (radiator, fan, v-belt, water pump)	Engine overheat	Abnormal temperature	Ganti air radiator

Tabel 5 Data Breakdown komponen hydraulic

Problem Start		Problem Finish			Breakdown		Data Trouble		
Repair Date	Repair Time	Finish date	Finish Time	Lead Time (hours)	Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
08-Feb-17	7:30	08-Feb-17	9:00	1,50	Hydraulics	Hydraulic control valve	ATT macet (jammed)	Tidak bisa digerakkan	Cleaning selenoid valve
16-Feb-17	13:00	18-Feb-17	17:30	52,50	Hydraulics	Hydraulic cylinder	Arm drift	Malfungsi	Ganti cylinder assy
04-Sep-17	15:00	04-Sep-17	20:00	5,00	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose line control valve bocor	Leaks	Ganti hose
04-Sep-17	9:00	04-Sep-17	10:00	1,00	Hydraulics	Hydraulic line pipe	Piping line bucket hydraulic oil bocor	Leaks	Repair piping cylinder bucket
07-Sep-17	3:00	07-Sep-17	9:30	6,50	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose motor swing bocor	Leaks	Ganti hose motor swing
15-Sep-17	7:45	15-Sep-17	9:00	1,25	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose cylinder arm bocor	Leaks	Ganti hose cylinder arm
21-Sep-17	20:00	21-Sep-17	21:30	1,50	Hydraulics	PPC valve & circuit	Travel rusak	Seized Component/Worn Out/Broken	Repair travel
28-Sep-17	20:15	28-Sep-17	22:00	1,75	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose bocor	Leaks	Ganti hose
29-Sep-17	13:45	29-Sep-17	14:30	0,75	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose cylinder boom bocor	Leaks	Reseal o ring cylinder boom
29-Sep-17	14:00	29-Sep-17	20:00	6,00	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose PPC Bocor	Leaks	Ganti O-ring & hose PPC

Tabel 5 Data Breakdown komponen hydraulic(lanjutan)

Problem Start		Problem Finish			Breakdown		Data Trouble		
Repair Date	Repair Time	Finish date	Finish Time	Lead Time (hours)	Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
04-Oct-17	12:00	04-Oct-17	13:00	1,00	Hydraulics	Hydraulic line pump	Hydraulic pump bocor	Leaks	Pegencangan bolt connector hydraulic
05-Oct-17	8:00	06-Oct-17	8:30	24,50	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose PPC LH bocor	Leaks	Ganti hose PPC
13-Oct-17	9:00	13-Oct-17	10:30	1,50	Hydraulics	PPC valve & circuit	Hose PPC RH bocor	Leaks	Ganti hose PPC
03-Nov-17	10:00	03-Nov-17	16:00	6,00	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hydraulic oil bocor	Leaks	Repair hydraulic line
04-Nov-17	7:00	04-Nov-17	8:30	1,50	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose cylinder arm bocor	Leaks	Ganti hose cylinder arm
12-Nov-17	13:30	12-Nov-17	15:00	1,50	Hydraulics	Hydraulic line pipe	Piping cylinder bucket bocor	Leaks	Las piping cylinder bucket
19-Nov-17	9:00	19-Nov-17	10:00	1,00	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose return swing bocor	Leaks	Ganti hose return swing (cannibal dari unit PC 400-11)
23-Nov-17	7:00	23-Nov-17	8:00	1,00	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose motor swing bocor	Leaks	Ganti hose
29-Nov-17	9:00	29-Nov-17	14:00	5,00	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose motor swing bocor	Leaks	Ganti hose

Tabel 5 Data Breakdown komponen hydraulic (lanjutan)

Problem Start		Problem Finish			Breakdown		Data Trouble		
Repair Date	Repair Time	Finish date	Finish Time	Lead Time (hours)	Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
05-Dec-17	12:00	05-Dec-17	16:30	4,50	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose PPC Bocor	Leaks	Ganti hose
08-Dec-17	9:30	08-Dec-17	17:00	7,50	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose cylinder bucket bocor	Leaks	Ganti hose cylinder bucket
14-Dec-17	12:00	14-Dec-17	14:00	2,00	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose line cylinder arm bocor	Leaks	Ganti hose
17-Dec-17	7:30	17-Dec-17	8:30	1,00	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose PPC Bocor	Leaks	Ganti hose PPC
24-Dec-17	8:00	24-Dec-17	14:30	6,50	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose swivel joint bocor	Leaks	Ganti hose swivel joint (lokal)
25-Dec-17	19:00	25-Dec-17	21:00	2,00	Hydraulics	Hydraulic line pipe	Piping cylinder bucket bocor	Leaks	Las piping cylinder bucket
28-Dec-17	11:00	28-Dec-17	17:00	6,00	Hydraulics	Hydraulic cylinder	O-ring cylinder bucket bocor	Leaks	Ganti O-ring cylinder bucket
28-Dec-17	5:00	28-Dec-17	10:00	5,00	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hydraulic oil bocor	Leaks	Ganti hose oil hydraulic
28-Dec-17	19:00	28-Dec-17	20:00	1,00	Hydraulics	Hydraulic line hose	Hose swing bocor	Leaks	Ganti hose (cannibal unit 10140010)



Tabel 5 Data Breakdown komponen hydraulic (lanjutan)

Problem Start		Problem Finish			Breakdown		Data Trouble		
Repair Date	Repair Time	Finish date	Finish Time	Lead Time (hours)	Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
29-Dec-17	23:30	30-Dec-17	14:00	14,50	Hydraulics	Hydraulic line pipe	Plug main pump hydraulic hilang	Loose/Missing Component/Came Off	Ganti plug (cannibal unit 10140006)
30-Dec-17	19:00	30-Dec-17	20:30	1,50	Hydraulics	Hydraulic line hose	Connector hose hydraulic bocor	Leaks	Repair connector hose hydraulic

Tabel 6 Data breakdown komponen undercarriage

Problem Start		Problem Finish		Lead Time (hours)	Breakdown		Data Trouble		
Repair Date	Repair Time	Finish date	Finish Time		Component	Desc. Sub Component	Description of Problem	Symptom	Action Taken
08-May-17	13:30	08-May-17	14:10	0,67	Undercarriage	Bolt-nut, clamp, snap ring, lock, atc (UC)	Bolt track shoe hilang	Loose/Missing Component/Came Off	Ganti bolt track shoe

**Lampiran 3**  
FMEA Komponen

*Tabel 7 FMEA komponen electrical*

No	Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Design Control (prevention)	Current Design Control (Detection)	Detection	RPN	Recommended Actions
1	<i>Alternator, generator &amp; circuit</i>	Sebagai charging system yang digunakan untuk mengembalikan kondisi battery agar siap digunakan	<i>Electrical fault</i>	<i>Work lamp</i> mati	2	Sistem kelistrikan bermasalah	2	<i>Periodical inspection</i>	KOMTRAX	3	12	<i>Repair electrical system</i>
2	<i>Battery &amp; circuit</i>	Memutus dan menghubungkan kutub negatif battery dengan chasis/body	Unit tidak bisa beroperasi	Mesin unit tidak bisa dinyalakan	5	Battery bermasalah	3	<i>Spare parts battery</i> tersedia	KOMTRAX	3	45	Ganti battery baru

Tabel 7 FMEA komponen electrical (lanjutan)

No	Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Design Control (prevention)	Current Design Control (Detection)	Detection	RPN	Recommended Actions
3	<i>Cabin air filter &amp; blower A/C</i>	Kipas yang membantu menghembuskan udara sejuk kedalam cabin	<i>Blower A/C rusak</i>	A/C rusak	6	Malfungsi	3	<i>Periodical service, order spare parts (via UT-SBY)</i>	-	6	108	<i>Ganti master blower</i>
4	<i>Compressor A/C</i>	Mensirkulasi kan refrigerant/fr eon ke seluruh sistem	<i>Compres sor abnormal</i>	A/C panas	2	<i>Abnormal temperatu re</i>	2	<i>Periodical service</i>	-	4	16	<i>Repair compressor</i>
5	<i>Control unit/control ler</i>	Pusat kontrol pada unit	<i>Electrical fault</i>	<i>ATT jammed (macet)</i>	5	Korsletin g	2	<i>Periodical inspection</i>	KOMTRA X	2	20	<i>Repair electrical system</i>
6	<i>Electrical equipment</i>	Perangkat pendukung kelistrikan	Unit tidak bisa beroperasi	<i>Engine sulit dinyalaka n, engine mati sendiri</i>	4	Sistem kelistrika n bermasala h	8	<i>Periodical inspection, periodical service</i>	KOMTRA X	2	64	<i>Repair electrical system</i>

Tabel 7 FMEA komponen electrical (lanjutan)

No	Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Design Control (prevention)	Current Design Control (Detection)	Detection	RPN	Recommended Actions
7	<i>Evaporator &amp; condensor A/C</i>	Mengeluarkan hawa sejuk kedalam cabin	<i>Evaporator abnormal</i>	A/C rusak	8	Kebocoran, radiator tercampur dengan oli	5	<i>Periodical service (menggunakan mekanik dari UT-SBY)</i>	-	7	280	<i>Repair evaporator dan condensor</i>
8	<i>Lighting</i>	Penerangan saat malam hari dan sebagai isyarat atau rambu	<i>Main lamp, cabin lamp, rotary lamp, work lamp mati</i>	Penerangan terganggu	2	Bohlam sudah expired, korsleting	6	<i>Periodical inspection, spare parts bohlam tersedia</i>	-	2	24	<i>Repair electrical system, ganti bohlam baru</i>
9	<i>Motor starter &amp; circuit</i>	Digunakan untuk menghidupkan atau menyalakan unit	<i>Motor starter tidak merespon</i>	<i>Engine sulit dinyalakan</i>	6	Sistem kelistrikan bermasalah	5	<i>Periodical inspection, periodical service</i>	KOMTRA X	2	60	<i>Repair motor starter</i>

Tabel 7 FMEA komponen electrical (lanjutan)

No	Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Design Control (prevention)	Current Design Control (Detection)	Detection	RPN	Recommended Actions
10	<i>Wiper assy</i>	Pembersih kaca unit	<i>Wiper mati</i>	<i>Wiper tidak berfungsi</i>	2	<i>Motor wiper rusak</i>	2	<i>Periodical inspection</i>	-	2	8	<i>Repair motor wiper dan wiring</i>

Tabel 8 FMEA komponen engine (lanjutan)

No	Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Design Control (prevention)	Current Design Control (Detection)	Detection	RPN	Recommended Actions
1	<i>Cooling system (radiator, fan, v-belt, water pump)</i>	Komponen sistem pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan dan menjaga temperatur engine	<i>Abnormal temperature</i>	<i>Engine overheat</i>	5	Air radiator habis	6	<i>Periodical inspection, periodical service</i>	KOMTRAX	2	60	Ganti air radiator

Tabel 8 FMEA komponen engine (lanjutan)

No	Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Design Control (prevention)	Current Design Control (Detection)	Detection	RPN	Recommended Actions
2	Engine assy	Penghasil tenaga utama pada unit	Injector engine bermasalah	Engine tidak bisa dinyalakan	8	Injector rusak	6	Order injector baru (via UT-SBY)	KOMTRAX	4	192	Ganti injector
3	Exhaust system (exhaust manifold, muffler)	Saluran untuk menyalurkan gas buang hasil pembakaran	Clamp muffler lepas	Muffler lepas	2	komponen sudah aus	2	Spare parts clamp tersedia	-	4	16	Ganti clamp muffler
4	Filters	Penyaring kotoran	Rakor bermasalah	Engine low power	2	Malfungsi	2	Spare parts rakor tersedia	KOMTRAX	2	8	Ganti rakor
5	Fuel system	Sebagai penghasil energi pembakaran dan menyuplai bahan bakar bertekanan tinggi ke dalam scylinder	Abnormal temperature	Engine overheat, engine low power	4	Unit tidak dapat beroperasi secara maksimal	9	Periodical service	KOMTRAX	2	72	Bleeding fuel system

Tabel 8 FMEA komponen engine (lanjutan)

No	Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Design Control (prevention)	Current Design Control (Detection)	Detection	RPN	Recommended Actions
6	<i>Intake system (turbocharger, after cooler, intake manifold)</i>	Menyalurkan udara ke ruang bakar serta memberikan daya dorong tambahan kepada <i>engine</i>	Komponen internal bermasalah	<i>Turbo leak</i>	7	<i>Turbo rusak</i>	3	<i>Cannibal unit dari SGP-15</i>	KOMTRAX	4	84	Ganti <i>turbo</i>
7	<i>Lubricants system</i>	Melumasi komponen-komponen yang bergesekan dan mencegah terjadinya karat di bagian-bagian <i>engine</i> yang bergerak secara translasi maupun rotasi	<i>Oil engine</i> tercampur dengan <i>fuel</i>	Unit gagal beroperasi, fluid rembes	4	Komponen rusak akibat panas berlebih dari mesin	2	<i>Periodical inspection</i>	KOMTRAX	3	24	<i>Repair lubricating system</i>

Tabel 9 FMEA komponen hydraulic

No	Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Design Control (prevention)	Current Design Control (Detection)	Detection	RPN	Recommended Actions
1	<i>Hydraulic control valve</i>	Berfungsi untuk menaikkan tekanan, mengatur jumlah, dan arah aliran oli yang dihisap hydraulic pump dari hydraulic tank	<i>ATT Jammed</i> (macet)	ATT tidak bisa digerakkan	2	<i>Solenoid valve</i> kotor	2	<i>Periodical service</i>	-	6	24	<i>Cleaning solenoid valve</i>
2	<i>Hydraulic cylinder</i>	Mengubah tenaga hidrolis menjadi tenaga mekanis	<i>O-ring cylinder bucket</i> bocor	<i>Fluid</i> rembes	6	Benturan, beban kerja terlalu besar	2	<i>Periodical service, spare parts o-ring</i> tersedia	-	5	60	<i>Ganti o-ring cylinder bucket</i>



Tabel 9 FMEA komponen hydraulic (lanjutan)

No	Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Design Control (prevention)	Current Design Control (Detection)	Detection	RPN	Recommended Actions
3	<i>Hydraulic line pipe</i>	Pipa penyambung berbagai komponen hidrolik dalam menyalurkan <i>fluid</i> ke sebuah sirkuit	<i>Piping cylinder bucket bocor</i>	<i>Fluid rembes</i>	3	Benturan, gesekan	3	<i>Periodical service</i>	-	4	36	<i>Las piping cylinder bucket</i>
4	<i>Hydraulic line hose</i>	Pengantar oli hidrolik ke seluruh bagian unit dengan tekanan yang sesuai	<i>Hose line control valve, swing, swivel joint, PPC, hydraulic cylinder boom, motor swing bocor</i>	<i>Fluid rembes</i>	6	Benturan, gesekan, beban kerja terlalu besar	8	<i>Periodical inspection, periodical service, spare parts hose tersedia</i>	-	4	192	Ganti komponen <i>hose</i>

Tabel 9 FMEA komponen hydraulic (lanjutan)

No	Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Design Control (prevention)	Current Design Control (Detection)	Detection	RPN	Recommended Actions
5	<i>Hydraulic pump</i>	Memasok sistem hidrolik dengan aliran oli yang mencukupi sehingga sirkuitnya mampu beroperasi pada kecepatan yang tepat	<i>Hydraulic pump bocor</i>	<i>Fluid rembes, oli tidak mengalir ke tiap komponen hidrolik</i>	7	Benturan, gesekan, beban kerja terlalu besar, <i>pressure</i> berlebih	2	<i>Periodical inspection</i>	-	4	56	Pengencangan <i>bolt connector hydraulic pump</i>

Tabel 9 FMEA komponen hydraulic (lanjutan)

No	Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Design Control (prevention)	Current Design Control (Detection)	Detection	RPN	Recommended Actions
6	PPC valve & circuit	Katup yang mengatur tekanan dalam hydraulic circuit dengan mengembalikan semua atau sebagian oli ke tangki apabila tekanan pada sirkuit telah mencapai setting pressure	Travel line rusak, hose PPC RH bocor	Fluid rembes, kerja motor swing terhambat	5	Beban terlalu besar	2	Periodcal service, spare parts tersedia	-	5	50	Repair travel line, ganti Hose PPC RH



**Lampiran 4**  
**Perhitungan LCC**

**Baiaya Kepemilikan**

a. Depresiasi

$$\text{Depresiasi} = \frac{\text{Net. depreciation value}}{\text{Dep. Period hours}}$$

$$\text{Depresiasi} = \frac{2268329000}{12000}$$

$$\text{Depresiasi} = \text{Rp } 189.027/\text{jam}$$

b. Interest & insurance

Diketahui:

$$\text{Economic life (n)} = 2 \text{ tahun}$$

$$\text{Trade-in value (r)} = 30\%$$

$$\text{Bunga interest} = 8\%$$

$$\text{Bunga insurance} = 1\%$$

$$\text{Annual use} = 6000 \text{ jam}$$

$$\text{Factor} = 1 - \frac{(n-1)(1-r)}{2n}$$

$$\text{Factor} = 1 - \frac{(2-1)(1-0,3)}{2(2)}$$

$$\text{Factor} = 0,825$$

$$\text{Int\&ins} = \frac{\text{Factor} \times \text{Price before VAT} \times (\text{int} + \text{ins})}{\text{Annual use in hours}}$$

$$\text{Int\&ins} = \frac{0,825 \times \text{Rp } 3.240.470.000 \times (0,01 + 0,08)}{6000}$$

$$\text{Int\&ins} = \text{Rp } 40.100/\text{jam}$$

$$\text{Total biaya kepemilikan} = \text{Rp } 189,027 + \text{Rp } 40.100 = \text{Rp } 40.289$$

## **Biaya Operasi**

*a. Fuel cost*

$$\text{Fuel cost} = \text{Hourly cost consumption} \times \text{Local fuel price}$$

$$\text{Fuel cost} = 24,4 \times \text{Rp } 11.450$$

$$\text{Fuel cost} = \text{Rp } 353.800 \text{ liter/jam}$$

*b. Engine oil cost*

$$\text{Engine oil cost} = \text{Hourly cost consumption} \times \text{Local fuel price}$$

$$\text{Engine oil cost} = 0,07 \times \text{Rp } 37.500$$

$$\text{Engine oil cost} = \text{Rp } 2.625 \text{ liter/jam}$$

*c. Transmission oil cost*

$$\text{Tr oil cost} = \text{Hourly cost consumption} \times \text{Local fuel price}$$

$$\text{Tr oil cost} = 0,014 \times \text{Rp } 22.750$$

$$\text{Tr oil cost} = \text{Rp } 319 \text{ liter/jam}$$

*d. Final drive oil cost*

$$\text{F.D oil cost} = \text{Hourly cost consumption} \times \text{Local fuel price}$$

$$\text{F.D oil cost} = 0,01 \times \text{Rp } 27.500$$

$$\text{F.D oil cost} = \text{Rp } 228 \text{ liter/jam}$$

*e. Hydraulic oil cost*

$$\text{Hyd oil cost} = \text{Hourly cost consumption} \times \text{Local fuel price}$$

$$\text{Hyd oil cost} = 0,04 \times \text{Rp } 20.250$$

$$\text{Hyd oil cost} = \text{Rp } 810 \text{ liter/jam}$$

*f. Grease cost*

$$\text{Grease cost} = \text{Hourly cost consumption} \times \text{Local fuel price}$$

$$\text{Grease cost} = 0,1 \times \text{Rp } 8.500$$

$$\text{Grease cost} = \text{Rp } 850 \text{ Kg/jam}$$

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di Jakarta, 2 Juni 1996 dengan nama lengkap Didit Herbiansjah atau biasa dipanggil Didit. Penulis merupakan anak tunggal. Penulis telah menempuh jenjang pendidikan di TK Bhayangkari Padang lalu dilanjutkan ke jenjang pendidikan sekolah dasar di SD Pertiwi 2 Padang dan SDI Al – Azhar 11 Surabaya, SMPN 19 Surabaya, SMAN 17 Surabaya, dan penulis menjadi mahasiswa di Departemen Teknik Industri ITS Surabaya dengan nomor mahasiswa 02411440000119. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam berbagai organisasi, kepelatihan, serta kepanitiaan. Penulis berkontribusi sebagai Staff Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS 15/16. Penulis menjadi panitia kaderisasi SISTEM 2015 sebagai *instructor committee*. Selain itu, penulis telah mengikuti beberapa pelatihan yaitu Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Pra Dasar (LKMM PRA – TD), ARENA Training, AutoCAD Training, dan Quality Improvement *Engineering Training*. Penulis telah melakukan berbagai program *internship* antara lain *marketing communication* di PT Hafi Energi Indonesia, *business strategic trainee* di PT Garuda Maintenance Facility, dan *plant and maintenance control trainee* di PT United Tractors Semen Gresik. Sekian dan terimakasih.

Email: herbiansjah1@gmail.com